أساسيات فسيولوجيا النبات

الأستاذ الدكتور
حشمت سليمان احمد الدسوقى
أستاذ فسيولوجيا النبات بقسم النبات ـ كلية العلوم
جامعة المنصورة ـ جمهورية مصر العربية

٢٠٠٨



اسم الكتاب	أساسيات فسيولوجيا النبات
المؤلف	أ.د. حشمت سليمان أحمد الدسوقي
رقم الإيداع	٢٥١٣ / ٢٠٠٨
الترقيم الدولي	977-410-086-7
الناشر	مكتبة جزيرة الورد ـ مكتبة الإيمان القاهرة- ش محمد عبده أمام الباب الخلفي لجامعة الازهر- الحسين ت: ٢٢٥١١٤٣٧١

الفهرس

المقدمة

نظرا للنقص التى تعانيه مكتبات الجامعات فى العالم العربى فى الكتاب العلمى وحاجة الطلاب العرب لقراءة العلوم الحديثة باللغة العربية لذا فكان لزاما علينا نحن المهتمين بدراسة وبحث الموضوعات المتعلقة بعلم وظائف أعضاء النبات أن نقوم بواجبنا الوطنى تجاه شبابنا الدارسين بتقديم كتاب معرب لعلم فسيولوجيا النبات بعد أن شهد هذا العلم فى الربع الأخير من هذا القرن طفرة معلوماتية هائلة لا تضاهيه فيها علم اخر. وبعد اهتمام العلماء ورصد الأموال للبحث فى فروع علم فسيولوجيا النبات المختلفة ان دل على شيء انما يدل على أهميته الاقتصادية وخدمته للعلوم التطبيقية الزراعية. ويعد علم فسيولوجيا النبات من أهم دعائم علم الزراعة فإن كل تقدم فى علم فسيولوجيا النبات يتبعه حتما تقدم فى ميدان علم الزراعة وانتاج المحاصيل واذا تمعنا فى العمليات الزراعية المختلفة التى تجرى فى الحقل من خدمة التربة قبل الزراعة وعمليات الخدمة أثناء نمو النبات من عزيق ورى وتسميد وغيرها لوجدنا أنها عمليات يقصد منها تهيئة واعداد البيئة المحيطة بالنبات إعداداً يسهل للنبات نموه وازدهاره وبالتالى اعطاء أحسن محصول .

علم فسيولوجيا النبات – وهو أحد فروع علم النبات – يختص بدراسة ومعرفة الطريقة التى تؤدى بها ظواهر الحياة . هذه الظواهر الحيوية المختلفة تأخذ مكانها فى داخل خلايا النبات وكل عضو من أعضاء النبات يختص بتأدية وظيفة معينة ولو أن هناك ترابطا بين هذه الوظائف التى تؤثر وتتأثر ببعضها البعض.

ولكى نحصل على معلومات كافية عن ظواهر الحياه فى النبات يلزم أن ندرس بدقة جميع العمليات الحيوية الهامة التى يقوم بها النبات خلال أدوار حياته المختلفة وأهميتها له بوصفة كائن حى ينمو ويحس ويتحرك ويتكلم ويفرح ويتألم.....ألخ من مظاهر الحياه. كذا يلزم دراسة المواد التى ينتجها النبات داخل جسمه ومدى استخدامه لهذه المواد .

ويرتبط علم فسيولوجيا النبات بفروع علم النبات المختلفه التى بدوره ترتبط بعضها البعض وبذلك توجد علاقة وثيقة بين الظواهر الفسيولوجية والبيئة الخارجيـــة التى ينمو فيها النبات · وسنتناول أثناء دراستنا توضيحا لما سبق ذكره ومن المعروف أن الخلية هى الوحده الاساسية لتركيب الكائن الحى · وتتكون الخلية النباتية من كتلة بروتوبلازميه يغلفها جدار خلوى رقيق وبروتوبلازم الخلية هو مركز جميع العمليات الحيوية فى الخلية ويتركب من مجموعة ديناميكية من المواد يكون معظمها مع المـــاء محاليل غروية ويعزى الى وجود هذه المواد سلوك البروتوبلازم كمجموعـــة غرويـــة معقده ومن أجل هذا يلزم دراسة الحالة الغروية وبعض خواصها لهامة حتـــى يمكـــن استنتاج خواص البروتوبلازم· ويلزم دراسة ميكانيكية امتصاص الماء والأملاح مـــن التربة بواسطة المجموع الجذرى للنبات وكيفية انتقالها من الجذور حتى تـــصل الـــى أعلى قمة بالساق وتوضيح أهمية الماء للنبات والذى يمتصه بكمية كبيرة ولكن القليل منه يمتص خلال العمليات الحيوية المختلفة والجزء الأكبر منها ينتح على هيئة بخـــار ماء من خلال فتحاته الثغرية المنتشرة على أوراقه·

ويلزم دراسة الأيض بالنبات فهناك بد تبنى الممثلة فى عملية البناء الضوئى ويد تحمل السلاح لأنتاج الطاقة اللازمة للعمليات الحيويه المختلفة والممثلـــة فـــى عمليـــة التنفس ودراسة العوامل المساعدة العضوية والمتحكمة فى ديناميكة التفاعلات الأيضية المختلفة بالخلية النباتية من خلال التعرف على المجموعات الأنزيمية بها ·

النمو هو الصورة الطبيعية التى تبديها النباتات لذا فكان لزاما ان نعرف كيفيـــة النمو بالنبات وهل ينمو النبات بصورة عشوائية ام هناك مواد تتحكم اوتهـــيمن علـــى نمو ه وتطوره فهذا سيتضح من خلال دراسة الهرمونات النباتيـــة أو منظمـــات النمـــو الطبيعية التى يفرزها النبات بتركيزات ضئيلة فى أماكن معينة من أعـــضائه وتبـــدى نشاطها فى مناطق اخرى غيرها·········· ··ألخ من المواضيع الجديدة مع الأخد فـــى الاعتبار العديد من التطورات الحديثة فى مجال فسيولوجيا النبات ويحتوى هذا الكتاب على أغلب أبواب فسيولوجيا النبات، لذلك فهو يستعمل لطلبة كليات العلـــوم والتربيـــة

والزراعة والطب ويمكن ان يستفيد منه دارسى مقرر النبات العام فى الكليات والمعاهد المختلفة.

الكتاب شمل ستة عشر فصلا كل منها يعالج مجالا خاصا لفسيولوجيا النبـــات وكل منها كتب بأسلوب سلس وبسيط بحيث يتمكن الدارس من فهم كل مايختص بعلم وظائف أعضاء النبات

المؤلف

ا د حشمت سليمان احمد الدسوقى

الفصل الأول

الحالة الغروية

Colloidal State



مقدمة :

من المعروف ان الخلية هي الوحدة الأساسية لتركيب الكائن الحي كما أنها وحدة النشاط الحيوي فيه ، وبروتوبلازم الخلية هو مركز جميع العمليات في الخلية ، وهذا البروتوبلازم مركب اساسيا من مواد موجودة على حالة غروية واليها تنسب الخواص الطبيعية الكيميائية للبروتوبلازم كما ان كثيرا من العمليات الفسيولوجية التي تحدث في النبات تتم بواسطة عوامل مساعدة عضوية تعرف باسم الانزيمات وهذه الأخيرة موجودة أيضا على حالة غروية ، ويعزى كثير من خواص الأنزيمات الى كون وجودها على حالة غروية من أجل كل هذا يلزم قبل دراسة الخلية النباتية أن ندرس الحالة الغروية وبعض خواصها الهامة.

انواع المحاليل:

تنقسم المحاليل بالنسبة الى حالة وجود المادة الذائبة فى المادة المذيبة وعلاقة كل منهما بالأخرى الى الأقسام الآتية:

١) المحلول الحقيقى True Solution :

وفيه تتجزأ المادة المذابة وتنتشر فى جميع أجزاء المذيب على هيئة جزيئات دقيقة أو أيونات فى غاية من الدقة فى الحجم بحيث لايمكن رؤيتها بأية وسيلة من وسائل الابصار إذ أن قطرها لايتعدى ٠٠١ر٠ ميكرون (الميكرون = ٠٠١ر٠ من الملليمتر).

هذا النوع من المحاليل ثابت ولاترسب دقائقه أبدا ومن أمثلة ذلك محلول ملح الطعام ومحلول سكر القصب فى الماء

٢) المعلق والمستحلب Suspension & Emulsion :

فى كلتا الحالتين تتجزأ المادة الى دقائق كبيرة بحيث يمكن رؤيتها بالمجهر العادى إذ يزيد قطرها على ١ر٠ ميكزون · وهذا النوع من المحاليل غير ثابت إذا ماترك فترة من الوقت فإنه سرعان ماتنفصل فيه دقائق المادة المنتشرة عن السائل المذيب ، فترسب بفعل الجاذبية الأرضية كما فى حالة الرمل المنتشرة فى الماء (وهذا المحلول يطلق عليه معلق Suspension أو تطفو لاختلاف كثافة المادة الذائبة عن المادة المذيبة كما فى حالة الزيت مع الماء (يسمى هذا المحلول مستحلب Emulsion).

٣) المحلول الغروى Colloidal Solution :

وهو حالة وسط بين النوعين السابقين وفيه تتجزأ المادة ليس الى جزيئات صغيرة بل الى مجموعات من الجزيئات المتحدة Aggregates of molecules or particles يتراوح قطرها بين ٠٠١ر٠ – ١ر٠ ميكرون وتظل هذه الوحدات منتشرة فى محاليلها ولاتترسب أبداً من تلقاء نفسها ولايمكن رؤية هذه الوحدات بالمجهر العادى ولكن يمكن رؤيتها المجهر الدقيق Ultramicroscope (ميكروسكوب لانهائى) والمحلول الغروى يتكون من طورين : الطور المستمر أو وسط الانتشار Dispersion medium وهو عبارة عن المادة المذيبة والتى دائما ماتكون موجودة بكمية أكبر وتسمى المادة المنتشرة أو الذائبة بالطور الغير مستمر أو الطور المنتثر Dispersed phase ومن أمثلة المحاليل الغروية محلول أيدروكسيد الحديديك ومحلول النشاء والجيلاتين فى الماء·

نوع المحلول	حجم وحدة المادة المنتشرة فى المحلول	درجة الرؤية
المحلول الحقيقي	قطر الوحدة ١/١٠٠٠ من الميكرون (جزيئات وأيونات)	لا يمكن رويتها بأى آلة ابصار عرفت حتى الان
المحلول الغروى	قطر الوحدة لا تقل من ١/١٠٠ ولا تزيد عن ١/١٠ ميكرون	يمكن رؤية بعض خواصها الطبيعية بالالتراميكروسكوب
المعلقات والمستحلبات	قطر الوحدة أكبر من ١/١٠ ميكرون (جزيئات متجمعة كبيرة الحجم)	يمكن رؤيتها بالميكرسكوب العادى او العين المجردة

الخواص العامة للمحاليل الغروية:

١ – الانتشار Diffusion :

لما كان معدل الانتشار المادة يتناسب عكسيا مع حجم دقائقها لذا فان الدقائق الغروية تنتشر بمعدل منخفض جدا اذا قورن بمعدل انتشار الدقائق الجزيئية أو الايونية في المحاليل الحقيقية ، ويمكن للدقائق الغروية أن تنتشر خلال ورق الترشيح العادي اذا أن قطر الثقوب ورقة الترشيح يقع بين 2 - 5 ميكرون بينما قطر الحبيبة الغروية يقع بين ٠٠٠١ – ١ ميكرون على أنه اذا عومل ورق الترشيح العادي بمواد خاصة فأنه يمكن الحصول على مرشحات دقيقة لا تسمح مسامها بمرور الدقائق الغروية اى أن مسامها تسمح بمرور وسط الانتشار ولا تسمح بمرور الطور المنتشر في المحاليل الغروية ٠ وبذا يمكن بهذه العملية فصل دقائق المحاليل الغروية الموجودة في محلول ما وتسمى هده العملية الترشيح الدقيق ويطلق على هدا المرشح اسم المرشح الدقيق ولا تستطيع الدقائق الغروية ايضا أن تنتشر خلال الاغشية الصناعية كالكلوديون والسلوفان

مع ملاحظة أن هذه الأغشية تسمح بانتشار جزيئات المحاليل الحقيقية خلالها ، ويستفاد من هذه الخاصية في فصل المحاليل الحقيتية عن المحاليل الغروية وذلك بوضع الخليط في كيس غشائي وغمس هذا الكيس في ماء نقي يجدد من وقت لآخر في ماء جـارى باستمرار وتسمى هذه العملية بالفرز الانتشاري للذائبات.

٢ – الضغط الاسموزي Osmotic pressure :

تتوقف الضغوط الأسموزية للمحاليل على عدد الدقائق المادية الموجـودة بهـا بغض النظر عن طبيعتها اوحجمها فاذا اخذنا محلولين تركيز كـل منهمـا ٢% الأول منهما عبارة عن محلول حقيقي من سكر لقصب والثاني محلول غروي من النشا فان عدد الوحدات "الجزيئات" من السكر الموجودة في المحلول الأول تكون أكبر عددا من عدد الوحدات "التجمعات الجزيئية" من النشا الموجودة في المحلول الثـاني وذلـك لأن الوزن الجزيئي لسكر القصب أقل بكثير من الوزن الجزيئي للنـشا وبالتـالي يكـون الضغط الأسموزي لمحلول النشا الغروي أقل بكثير من الضغط الاسـموزي لمحلـول السكر الحقيقي ، ومن المعروف أن الضغوط الأسموزية للمحاليل الغرويـة لا تتعـدى كسر صغير من الضغط الجوي .

٣ – ظاهرة تندال :

اذا سلطنا حزمة ضوئية على وعاء زجاجي ممتلئ بالماء النقي ثم فحصنا ذلـك الوعاء في اتجاه جانبي عمودي على مسار الحزمة الضوئية فإنه لا يمكننا إدراك مسار الضوء خلال الماء النقي ، ويحدث ذلك ايضا اذا استبدلنا الماء بمحلول حقيقي كمحلول ملح الطعام ، اما اذا ملانا الوعاء الزجاجي بمحلول غروي فاننا سنستطيع في هذه الحالة ان ندرك مسار الضوء في المحلول الغروي ويمكننا أن نحدد المنطقة التي يمر خلالهـا وتبدو هذه المنطقة عكرة بالنسبة لبقية المحلول ، ويرجع ذلك الـى انعكـاس الـضوء بواسطة الدقائق الغروية في المنطقة التي يمر خلالها الشعاع الضوئي ويـسمى هـذه

الظاهرة ظاهرة تندال· وهى تشبه تمام الشبه ما يلاحظ عند مرور شعاع ضوئي وسط حجرة مظلمة·

٤- الحركة البراونية Brownian Move ment :

إذا فحصنا محلولا غرويا بنوع من الميكوسكوب يسمى الميكروسكوب اللانهائى Ultra microscope وهو يختلف عن النوع العادى بان حقل الفحص به مظلما ويمر خلال المحلول الذى يراد فحصه حزمة ضوئية قوية فى اتجاه جانبي متعامد مع انبوبة الفحص فاننا نلاحظ مسار الضوء خلال المحلول الغروي مركب من نقط مضيئة لامعة تمثل كل منها شعاع ضوئيا منعكسا باحدى الدقائق الغروية الموجودة في المحلول كذا فان هذه النقط المضيئة تتحرك حركة شديدة في اتجاهات مختلفة تعرف بالحركة البراونية نسبة الى العالم النباتي الذى اكتشفها وتعزى هذه الحركة الى دفع الدقائق الغروية دفعا غير منتظم من نواحيها المختلفة بواسطة جزيئات السائل (وسط الانتشار) بفعل طاقتها الحركية واذا رفعنا درجة حرارة المحلول الغروي فان درجة الحرارة البراونية تزداد نظرا لزيادة طاقة جزيئات السائل المذيب·

٥- الشحنة الكهربائية Electric Charge :

توجد على الدقائق الغروية على الدوام شحنات كهربائية غير قاصرة على الذرات المكونة للدقيقة الغروية ولكنها موزعة على السطح الكلى للدقيقة ويمكن الاستدلال على وجود الشحنات بحركة الدقائق الغروية فى اتجاه معين عند وضع المحلول فى مجال كهربائي ويمكن معرفة نوع الشحنة من اتجاه الدقائق نحو أحد قطبى المجال الكهربائى وتسمى هذه الحركة الحمل الكهربائى Electrophoresis ويعزى ثبات المحاليل الغروية الى وجود هذه الشحنات على دقائقها ونظرا لتشابه الشحنات ، تتنافر الدقائق الغروية وبدلك تبقى معلقة فى السائل المذيب واذا عودلت شحنة الدقائق الغروية بأيونات الذائبات الكهربائية ذات الشحنات المضادة فان الدقائق الغروية تترسب فى الحال وذلك فى المحاليل الغروية الكارهة للمذيب وتزداد القوة الترسيبية للأيونات

بازدياد تكافؤها فمثلا وجد أن القوة الترسيبية للأيونـات الموجبـة Na ، Mg ، على الدقائق الغروية هي كنسبة ٥٠ : ٧ على التوالى ، ويلاحظ انه من الفوائد التـى تنتج عن اضافة المركبات الجيرية الى التربة الطينية انها تجمع دقنق الطين الغـروى السالبة للشحنة الكهربائية بفعل ايونات الكالسيوم الموجبة فتزداد مسامية التربة وتجـود تهويتها وتصبح اكثر ملائمة لنمو النبات . ولذا تتكون دلتا الانهار عند التقاء ماء النهر المحمل بالطمى الغروى بمياة البحر المحتوية على أملاح ذائبة متاينة فتتعادل شـحنات الطين الغروى السالبة مع الأيونات المضادة فى الشحنة فيترسب الطين و تتكون الدلتا.

٦- التجمع السطحى او الادمصاص Adsorption :

من المعروف أن سطح أى سائل يختلف من حيث خواصة الطبيعية عن بقية كتلة السائل العام فجزيئات السائل الموجودة بداخله تكون معرضة لجاذبيات متكافئـة مـن جميع نواحيها أما الجزيئات المكونة للطبقة السطحية فانها تكون معرضـة لجاذبيـات جانبية آخرى نحو الداخل ولكن لا يوجد مـ يعادلها نحو الخارج اى هناك ميل لتقليـل عدد الجزيئات المكونة للطبقة السطحية فتتضائل مساحة السطح تدريجيا حتـى تـصل لاقل حجم ممكن ويقال لهذا الشد الذى يعانيه سطح السائل و الذى يجعله ميالا للتقلص كما لو كان غشاءا مرنا بالتوتر السطحى Surface tension وهو ما يفسر تجمع نقط السائل متى سقطت على سطح املس بتجمع هذه الجزيئات تقل مساحة سطحها الكلـى عما لو بقيت منفصلة واذا كان لدينا سائلان لا يمتزجان فان الحـد الفاصـل بينهمـا معرضا لقوتين جاذبيتين فجزيئات الطبقة السطحية لاحد السائلين تكون معرضة لجذبها نحو الداخل من جزيئات السائل نفسه وجذب نحو الخارج من جزيئات السائل الأخـر ويكون الفرق بين هاتين القوتين هو ما يعبر عنه بالتوتر البينى ، وتؤثر المواد الذائبـة فى السائل على قيمة توتر سطحة الملامس لأى طور اخر لا يمتزج به فبعض المـواد تميل الى التجمع على السطح الفاصل من توتر السطح ويطلق على ظاهرة تجمع المواد الذائبة الخافضة للتوتر البينى للتجمع السطحى وهذه المواد التى تعمـل علـى خفـض التوتر السطحى او البينى فيطلق عليها المواد النشطة على السطح ومن امثلتها اغلـب

المواد العضوية وهناك مواد تجذبها جزيئات الماء الى الداخل ولا تتراكم على الـسطح وهذه يطلق عليها المواد الغير نشطة على السطح وأحيانا تعمل علــى زيــادة التــوتر السطحى للماء بدرجة قليلة مثل الأملاح والسكريات ولما كانت الغرويات تتميز بكبــر المساحات الكلية لسطوحها وبذا تكتسب قدرة كبيرة على التجمع السطحى٠

ومن المعرف أيضا أن معدل الادمصاص ينخفض بارتفاع درجة الحرارة وهذا راجــع الى زيادة الطاقة الحركية للمواد المتجمعة سطحيا فيسهل هروبها من السطح ٠ وتلعــب ظاهرة التجمع السطحى دورا كبيرلأهميه الكائنات الحية ففى خلايا النبات يوجد عــدد كبير من السطوح البينية فهناك رأى يقول أن الأغشية البلازمية فى الخلية تتكون نتيجة لتجمع البروتينات والمركبات الدهنية تجمعا سطحيا عند سطح الانفصال وعلــى ذلــك فالغشاء البلازمى الخارجى يتكون عند سطح الانفصال بين الجدار الخلــوى المــشبع للماء و البروتوبلازم أما الغشاء البلازمى الداخلى فيتكون عند سطح الانفــصال بــين الفجوة العصارية والبروتوبلازم وحيث أن تركيب المحاليل العصارية تختلف عادة عن تركيب المحاليل المبللة للجدر الخلوية و المتصلة بها اتصالا مباشرة بالسيتوبلازم فمن المتوقع اذن أن يغير الغشاء البلازمى الخارجى من حيث تركيبية وخــواص الغــشاء البلازمى الداخلى وكلما كان البروتين له بعض الخواص الكهربائية فانه لا يعتبر مــن المواد النشطة على السطح عند مقارنته بالمواد الدهنية لذا فانه فى البروتوبلازم الحــى تكون المواد الدهنية على سطحة بتركيز المواد البروتينية وطبيعة تكوين هذه الاغــشية البروتوبلازمية لها أهميتها فى نفاذية السيتوبلازم وتلعب ظــاهرة الادمــصاص دورا كبيرا فى وظائف الخلية فظاهرة التشرب لها أهمية فى علاقة الخليــة بالمــاء تــشمل ادمصاص الماء وعمل الانزيمات من الوجة العامة تعــرف بانهــا تــشمل ظــاهرة الادمصاص كما انه بواسطة استعمال الصبغات أمكن الحصول على معلومات كثيــرة عن الخلية حيث أن هذه الصبغات يختلف تجمعها السطحى باختلاف مركبات الخلية٠

تقسيم الغرويات :

تنقسم المواد الغروية الى قسمين هامين يتوقف على مدى القابليـة بـين المـادة المنتثرة ووسط الانتثار ·

١- **غرويات كارهة لوسط الانتثار Lyophobic colloids :** فاذا كان وسط الأنتثار هو الماء سميت غرويات كارهة للماء Hydrophobic ومن أمثلتها المواد الغرويـة المكونة من مواد معدنية مثل أيدروكسيد الحديد الغروى وأيدروكسيد الألمنيوم الغروى وسمى هذا النوع بانه كارهة لوسط الانتشار لأنه لا توجد قابيلة بين دقائقه المادية وبين وسط الانتشار ·

٢- **غريات محبة لوسط الانتشار Lyophilic colloids :** واذا كان وسط الانتـشار ماءا سميت غرويات محبة للماء Hydrcphilic ومن أمثلتها بعض المواد العضوية كالجيلاتين و النشا والصمغ العربى والبروتينات وأطلق عليها هذا الأسم لأنه توجـد قابيلة شديدة بين وسط الأنتشار والطور المنتثر ونظرا لهذه الخاصـية تتـشرب هـذه المواد المذيب بكميات كبيرة·

وتتلخص اوجة الخلاف فى الخواص المميزة لكل من النوعين فى ما ياتى :-

١- **الفحص الميكروسكوبى :** تشاهد الحركة البراونية بوضوح فـى حالـة فحـص المحاليل الغرويات الكارهة لوسط الانتثار أما فى النوع الاخر فيمكن مشاهدة خاصـية تندال ولكن يتعزر رؤية الحركة البراونية بوضوح نظرا لوجود أغشية حولها من سائل وسط الانتثار ·

٢- **اللزوجة Viscosity :** لا تختلف لزوجة المحلول الغروى لكارهة لوسط الانتثار أختلافا محسوسا عن لزوجة وسط الانتثار أما الغرويات المحبة لمذيب فـان لزوجـة محاليلها تكون عادة أكبر من لزوجة وسط الانتثار وتزداد لزوجتها زيـادة محـسوسة بزيادة تركيزها وتعزى الزيادة فى هذه الحالة الى تشبع الدقائق المادية بـسائل وسـط الأنتثار فيرتب على ريادة تركيز الطور المنتثر نتيجة خفض كمية السائل الحر النسبية نظرا لاتحاد جزء كبير منه بالدقائق الغروية وهذا من شانه أن يقل من سيولة المحلول

أى يرتفع من لزوجته وتتاثر لزوجة جميع السوائل بما فيها المحاليل الغروية بدرجـة الحرارة فتقل بارتفاعها وتزيد بانخفاضها كالجيلاتين والاجار والنـشا سـواء بزيـادة الطور المنتثر أو خفض درجة الحرارة أدى ذلك الى تغير حالتها الطبيعيـة فيتماسـك المحلول الغروى ويصبح قوامه شبه صلب أى يتحول من حالة الـسيولة الـى حالـة الصلابة أو الحالة الهلامية وهذا التحول هو نتيجة لأنعكاس اطواره الذى قد يكون مرده الى تقارب دقائق الطور المنتثر المشبع بالسائل وذلك بسبب زيادة عددها فى حالة زيادة الطور المنتثر أو زيادة سمك أغشيتها فى حالة خفض درجة الحرارة حيـث أن هـذه تعمل على ازدياد التوتر السطحى للسائل المغلف للدقائق بعضا ببعض فى صورة شبكة تملأعيونها أجزاء منفصلة من وسط الأنتثار ويسمى الماء الذى يغلف الحبيبات بالماء المرتبط أما الماء الذى يكون وسط الانتثار فيسمى الماء الحر وتتشرب الغرويات المحبة للماء بكميات كبيرة من الماء ويطلق على هذه الظاهرة ظاهرة التشرب Imbibition وفيها تتجمع أغشية كبيرة من الماء حول الدقائق الغروية وتتوقف كمية المـاء الـذى تتشرب به المادة على مدى قوة التماسك بين وحدات المادة حيث ان أغشية الماء تعمل على تباعد وحدات المادة عن بعضها فاذا كانت قوة التماسك بين وحدات المادة ضعيفة تشربت بكميات كبيرة من الماء حيث ينتهى الأمر الى تكوين محلول غروى وخاصـية التشرب هذه أكثر وضوحا فى حالة انبات البذور تتشرب بكميات كبيرة من الماء اللازم لعملية الانبات.

٣- الترسيب **Precipitation** : يرجع ثبات الغرويات الكارهة لوسط الأنتثار لعامل واحد هو الشحنة الكهربائية الموجودة على الدقائق الغروية و التـى تـسبب تنافرهـا وتحول دون تجمعها الى دقائق أكبر واذا عودلت هذه الشحنات او قللـت قيمـة هـذه الشحنات عن حد معين فان الدقائق الغروية تترسب فى الحال وهذا يفسر شدة حساسية هذه المحاليل للذائبات الكهربائية ويكون الترسيب فى هذه الحالة غيـر عكـسى اى لا يمكن اعادة الدقائق الغروية الى حالتها الطبيعية.

أما محاليل الغرويات المحبة لوسط الانتثار فيرجع ثباتها الى عاملين:

أ - الشحنة الكهربائية

ب - التشرب بسائل وسط الانتشار

وهى أن تحاط كل دقيقة بغشاء وهذه الأغشية تمنع الدقائق الغروية من أن تلامس بعضها البعض وبذلك تظل معلقة فى وسط الانتشار ويكفى توافر أحد هذين العاملين لكى يبقى المحلول الغروى ثابت.

وتتميز الغرويات المحبة لوسط الانتشار بقدرة معظمها على التحول من الحالة السائلة Sol الى حالة متصلبة نوعا ما. فإذا ترك محلول غروى من هذا النوع كمحلول الجيلاتين الساخن ليبرد فإنه يتحول الى شبه مستحلب هلامى Gel يعود الى الحالة السائلة مرة أخرى إذا سخن وتسمى هذه الظاهرة بظاهرة إنعكاس الأطوار فى الغرويات Phase reversal in colloids بمعنى أن الطور المنتثر يصبح وسط انتثار وأن وسط الانتثار يصبح طورا منتثر. ففى حالة غروى الجيلاتين السائل يكون الجزء الأكبر من وسط الانتثار (الماء) موجود فى حالة طليقة Free تباعد بين حبيبات الجيلاتين المنتثرة أما عندما يتصلب غروى الجيلاتين السائل بالبرودة فان هذا الماء الطليق يتحول معظمه الى أغلفة تحيط بالحبيبات الغروية التى تتقارب ويتصل بعضها ببعض فى صورة شبكة تملأ عيونها قطرات منفصلة من الماء وفى هذه الحالة يكون الماء المغلف للحبيبات الغروية فى حالة غير حرة أى مقيدة Bound water وفى بعض الأحيان لايكون تحول شبه المستحلب من الحالة السائلة الى المتصلبة عكسيا وأوضح مثل لذلك زلال البيض بالغليان فإذا برد ثانية فإنه لايسيل.

تتشرب شبه المستحلبات المتصلبة Gels الماء بكميات كبيرة ويطلق على هذه الظاهرة اسم ظاهرة التشرب Imbibition وفيها تحيط حبيبات المادة نفسها بأغشية من الماء يزداد سمكها كلما زادت كمية الماء المتشرب . ويتوقف كمية الماء الذى تتشرب به المادة على قوة التماسك بين حبيباتها فكلما كانت قوة التماسك صغيرة زادت قدرة الغروى على التشرب وينتهى الأمر بالتحول الى محلول غروى. فالجيلاتين مثلا يتشرب الماء بدرجة كبيرة وذلك لأن قوة تماسك دقائق الجيلاتين ضعيفة بينما تتشرب

قطعة الخشب وهى غروى متصلب ايضا الماء بدرجة قليلة ولاتتحول مطلقا الى الحالة السائلة نظرا لقوة التماسك الكبيرة بين دقائق الخشب ٠ وخاصية التشرب هذه تكون أكثر وضوحا فى حالة انبات البذور حيث أنها تتشرب بكميات كبيرة الماء اللازم لعمليات الانبات ٠

مراجع مختارة .

1- Bechhold, H (1919):Colloids in Biology and Medicine, N.Y.: D. van Nostrand, 364-76.

2- Chatterjee, A., (2005): Application of localized reactivity index in combination with periodic DFT calculation to rationalize the swelling mechanism of clay type inorganic material, Journal of Chemical Sciences. 117(5): 533-539.

3- Clark A. (1923) "The Properties of Certain 'Colloidal' Preparations of Metals" Br Med J. Feb 17, 273-77.

4- Dukhin, A.S. and Goetz, P.J. (2002): Ultrasound for characterizing colloids, Elsevier. Chemistry The Central Science, 7th Ed. by Rodil.Ma.Lourdes C. ISBN 013533480 .

5- Hauser, W.; Goetz, R.; Geckeis, H. ; Geyer, F.W. and KIM, J.I. (2001): Online-monitoring of colloid migration with Laser Induced Breakdown Detection at the Grimsel Test Site. Poster at Migration Conference 2001.

6- Hauser, W.; Geckeis, H.; KIM, J.I. and Fierz, T. (2002): A mobile laser-induced breakdown detection system and its application for the in situ-monitoring of colloid migration, Colloids Surf A, 203, 37-45.

7- Lyklema, J. (1995): Fundamentals of Interface and Colloid Science. vol.2, page.3.208.

8- Missana, T. and Adel, A. (2000): On the applicability of DLVO theory to the prediction of clay colloids stability. J. Coll. Interface Sci.. 230, 150-156

9- Missana, T., Alonso, U. and Turrero, M.J (2001) Generation and stability of bentonite colloids at the bentonite / granite interface of a deep geological radioactive waste repository. Journal of Contaminant Hydrology, In press (2003).

10- Missana, T.; Garcia-Gutirrez, M. and Alonso, U. (2003): Kinetics and irreversibility of Caesium and Uranium sorption onto bentonite colloids. REIMS conference 2002.

11- Moeri, A.; Geckeis, H. and Fierz, T.H. (2001): Field tracer migration tests at the Grimsel Test Site - Studying the colloid migration in a granitic fracture Poster at Migration Conference. 2001.

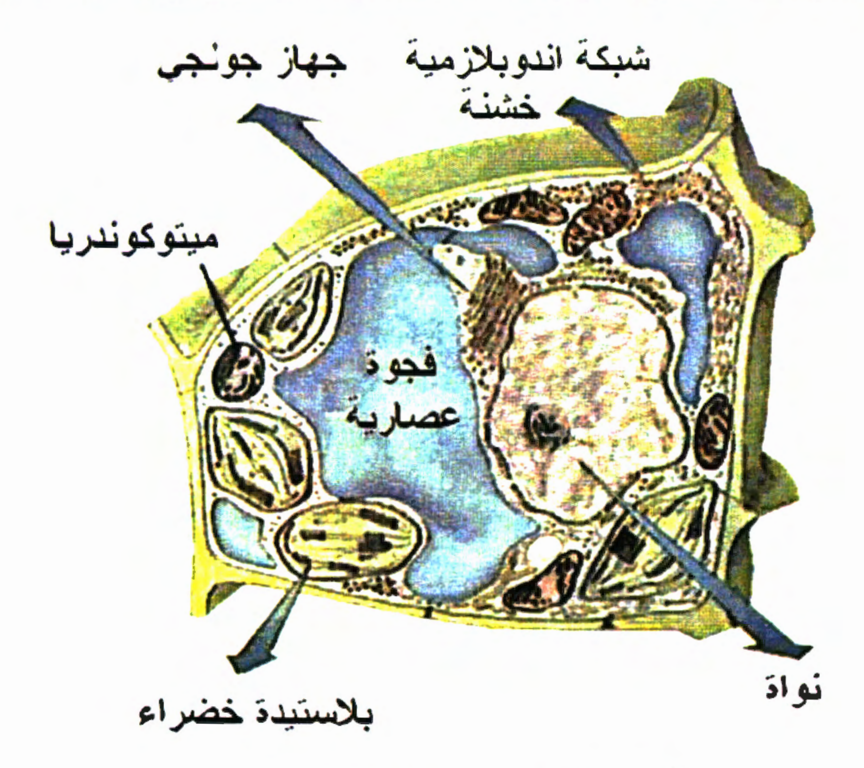
12- Missana, T.; Mingarro, M. and Garcia-Gutterrez, M. (2001): CRR project: Sorption kinetics of Cs, U, Tc and Se onto granite and fault gouge materials and effects due to the presence of bentonite colloids.

13- Schafer, T., Bauer, A., Bundschuh, T., Rabung, T. Geckeis, H. and Kim, J. I. (2000): Colloidal stability of inorganic colloids in natural and synthetic groundwater. In: Applied Mineralogy. RAMMLMAIR et al. (eds.), Balkema, Rotterdam, 675-678.

الفصل الثانى

الخلية النباتية

Plant Cell



(الشكل ١) يوضح تركيب الخلية النباتية

تتكون الخلية النباتية البالغة الحية من جزئين رئيسين هما البروتوبلاست Protoplast والجدار الخلوى Cell wall والبروتوبلاست كتلة من مادة حية تعرف بالبروتوبلازم Protoplasm تركيبها الكيميائى معقدا جدا ويمكن أن نعتبرها خليطا من البروتينات والمواد الدهنية وتدخل فى تركيبها عناصر الكربون والأيدروجين والأكسجين والنيتروجين والكبريت والفوسفور· والبروتوبلازم مادة غروية متميئة قوامها مثل قوام زلال البيض ومحتوياتها الرئيسية هى السيتوبلازم والنواة والبلاستيدات والميتوكوندريا والميكروزومات ·

أ- السيتوبلازم :

يتكون السيتوبلازم من محلول غروى محب للماء وتتفاوت درجة لزوجته تفاوتا كبيرا من خلية لأخرى فقد نراه سائلا فى الخلايا النشطة كما فى أوراق الألوديا ويبدو أغلظ قواما فى الخلايا المرستيمية ويكاد يكون صلبا فى خلايا أنسجة البذور الجافة وتؤثر درجة الحرارة وتغير الحموضة والمواد الكيميائية فى لزوجة السيتوبلازم ويمكن الاستدلال على سيولة السيتوبلازم وعلى سيولة البروتوبلازم عامة من الشواهد الآتية:

١- تأخذ القطرات المائية المنتشرة فيه شكلا كريا.

٢- إذا فحص السيتوبلازم خلال المجهر الدقيق فان حبيباته تشاهد فى حركة تذبذبية تعرف بالحركة البراونية .

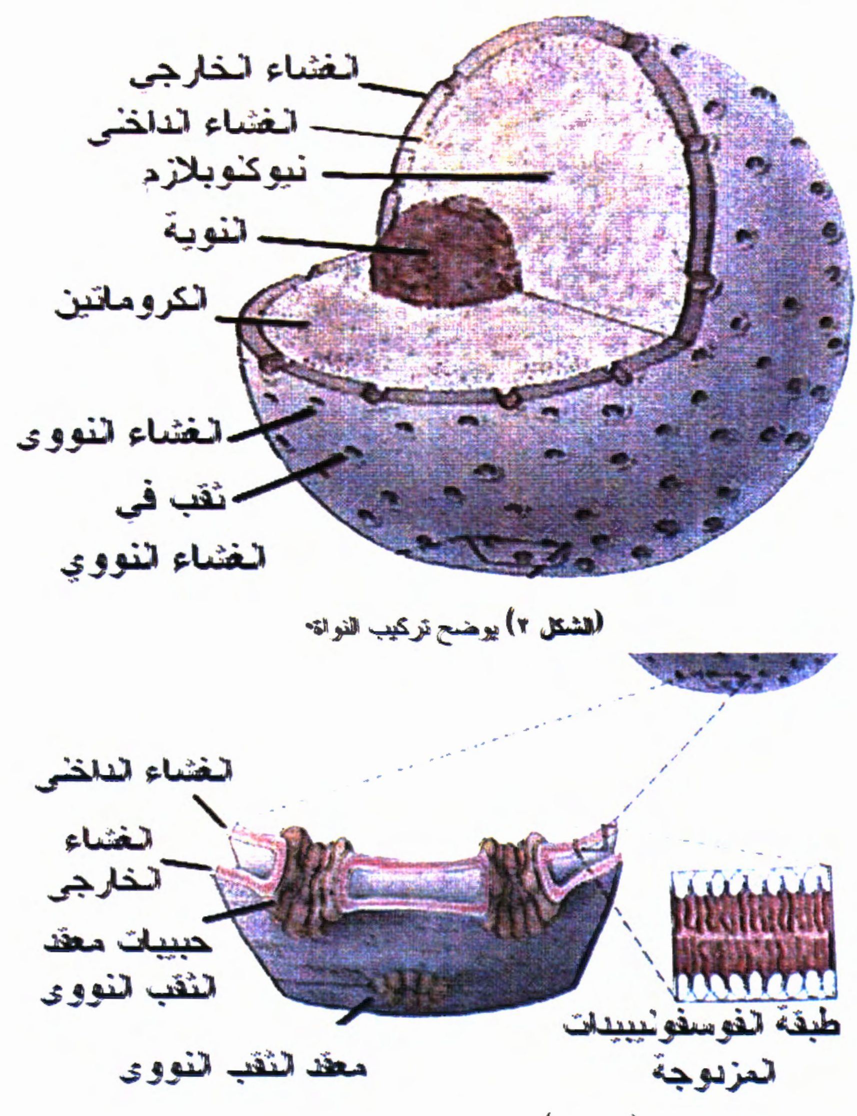
٣- فى بعض الخلايا يشاهد السيتوبلازم حركة انسيابية Protoplasmic Streaming حول السطح الداخلى للجدار الخلوى .

وليس للسيتوبلازم عمل معروف على وجه التحديد ولكن يمكن القول بأنه يعتبر الوسط الذى تنتشر فيه المواد الى مركز التفاعل مثل البلاسيتدات والنواة والميتوكوندريا والميكروزومات أو بعيدا عنها.

ب - النواة :

جسم كروى يرى منغمسا فى السيتوبلازم وتتكون النواة من شبكة كروماتينية يسهل رؤيتها فى التحضيرات المجهرية المصبوغة أما وسط النواة فمملوء بسائل يعرف بالعصير النووى Nuclear Sap ويغلف النواة غلاف رقيق يعرف بالغشاء النووى Nuclear membrane وتحتوى كل نواة عادة جسما كروماتينيا يعرف بالنوية Nucleolus يمثل انتفاخا أو تغليظا فى الشبكة الكروماتينية ويصطبغ مثلها بلون داكن وتحتوى النواة على عكس السيتوبلازم - على نسبة أكبر من البروتينات النووية

وحامض الريبونيوكليك Ribonucleic acid وقد ثبت أن الغشاء النووى غشاء حقيقى وليس مجرد فاصل بين النواة والسيتوبلازم اذ أمكن رؤية هذا الغشاء بواسطة الميكروسكوب الالكترونى ويبدو أن الغشاء النووى أكثر انفاذا للذائبات من الأغشية البلازمية التى تحيط بالسيتوبلازم.



(الشكل ٢) يوضح تركيب النواة.

(الشكل٣) يوضح تركيب الغشاء النووى

جـ - البلاستيدات:

جسيمات سيتوبلازمية لها أشكال وألوان وأحجام مختلفة وتقوم بدور هام فى النشاط الحيوى وتبدو عالقة أو سابحة فى السيتوبلازم وتقسم كالآتى:

١- بلاستيدات خضراء :

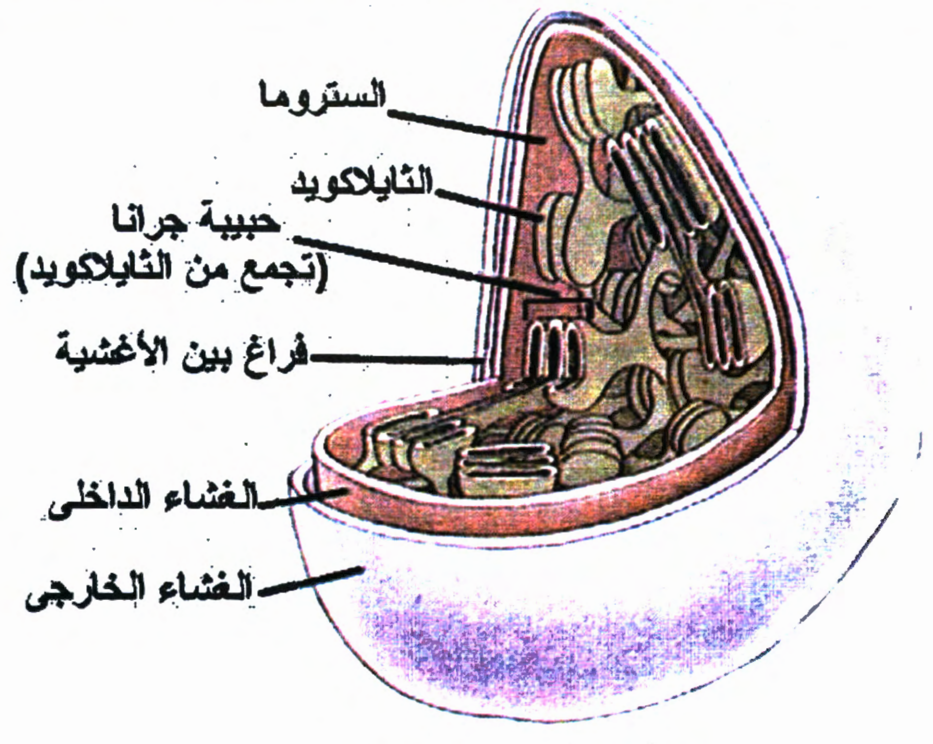
وتوجد فى أنسجة النبات المعرضة للضوء ويختلف عدد هذه البلاستيدات فى الخلية من نبات لآخر وتحتوى البلاستيدة الخضراء على أصباغ مختلفة يغلب فيها كلوروفيل أ ، ب حيث يكونان مايقرب من ٧٠% ولذلك يغلب اللون الأخضر على الألوان الأخرى . وتتكون حبيبات النشاء فى داخل البلاستيدات الخضراء بأعداد كبيرة.

٢- بلاستيدات ملونة :

ليس لها نشاط فى عملية التمثيل الضوئى وهى أجسام بلازمية دقيقة مختلفة اللون توجد بأحجام وأشكال عديدة وتوجد البلاستيدات الملونة فى جذور بعض النباتات كالجذر وبتلات بعض الأزهار فى بعض الثمار كالطماطم.

٣- بلاستيدات عديمة اللون

وتوجد فى الأجزاء النباتية غير الملونة البعيدة عن الضوء فهى موجودة مثلا فى حراشيف الأبصال وفى أعضاء الاختزان الأرضية حيث تقوم بتحويل المواد السكرية الذائبة الى حبيبات نشوية غير قابلة للذوبان وصالحة للاختزان. وهناك أيضا بلاستيدات عديمة اللون تتكون بداخلها البروتينات والدهون والزيوت الاختزانية.

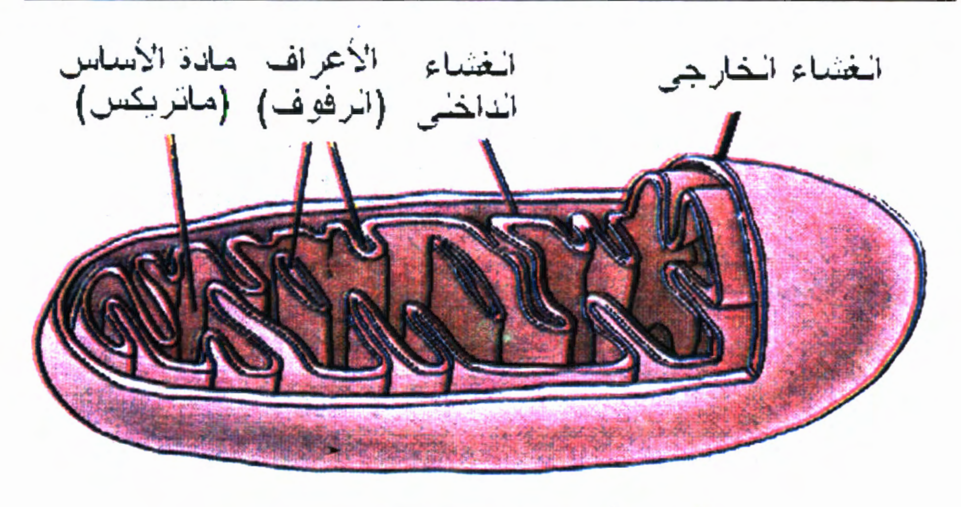


(الشكل ٤) يوضح تركيب البلاستيدة

د - الميتوكوندريا :

جسيمات بلازمية ميكروسكوبية ذات أشكال مختلفة من بروتين ومواد دهنية وسكر وحامض نووى .

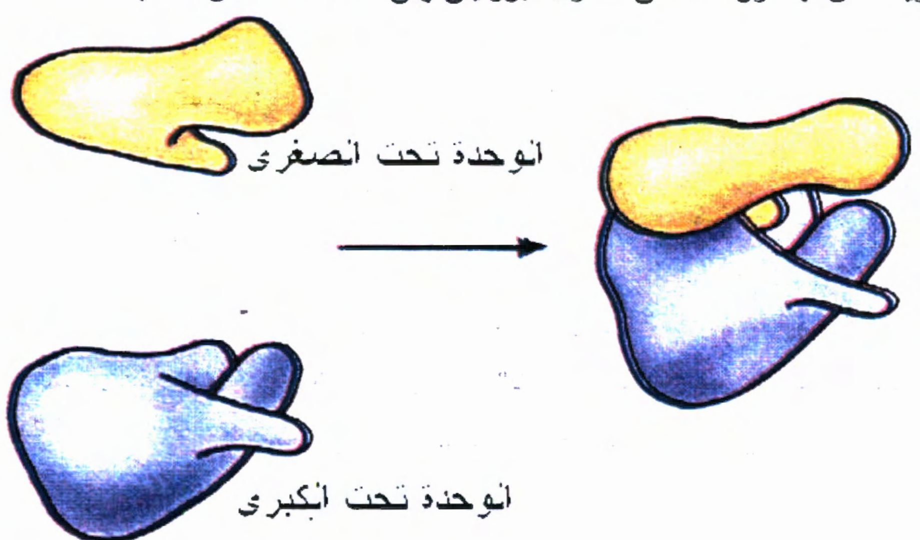
وللميتوكوندريا صلة وثيقة بانزيمات التنفس مثل انزيمات السيتوكروم وانزيمات دورة كربس كما ثبت أن لها القدرة على جمع الطاقة المنطلقة من أكسدة بعض الأحماض واستغلالها فى بناء مركبات غنية بالطاقة لها أهمية كبرى فى عملية التنفس.



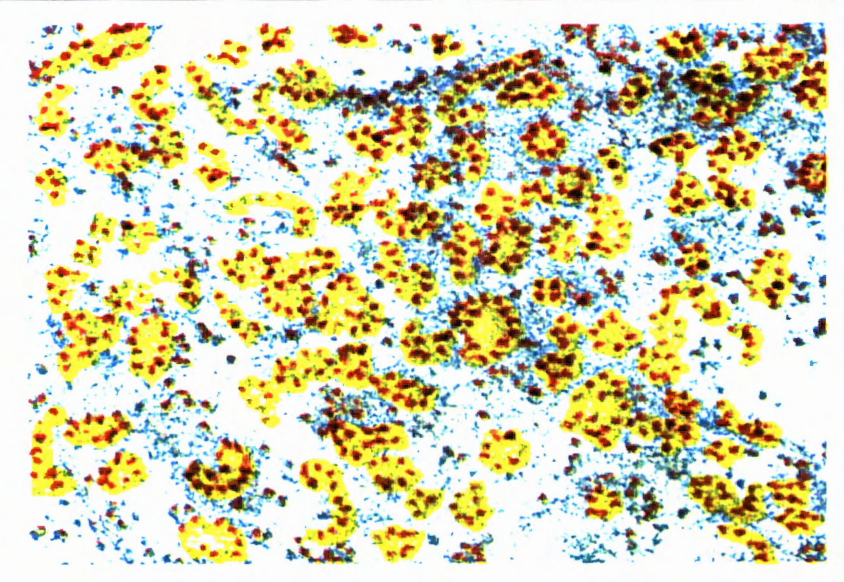
(الشكل ٥) يوضح تركيب الميتوكوندريا

هـ - الميكروزومات:

وهى جسيمات بلازمية دقيقة جدا تحتوى على نسبة كبيرة من الأحماض النووية ويعتقد أن لها دورا هاما فى التحول البروتينى وفى أكسدة الأحماض الدهنية.



(الشكل ٦) يوضح تركيب الريبوسوم



التركيب الكيميائى للبروتوبلازم :

أوضح التحليل الكيماوى أن البروتوبلازم فى الخلايا الناشطة يتكون أساسا من الماء إذ تصل نسبته الى ٩٠% أو أكثر وتنخفض هذه النسبة الى ١٠% وأقل فى بروتوبلازم البذور الجافة.

أما مادة البروتوبلازم الجافة فتحتوى على حوالى ٤٠ - ٦٠ % بروتينات وغيرها من المركبات النيتروجينية كالأحماض الأمينية والأميدات وتوجد نسبة أقل من المواد الدهنية ومنها الدهون الحقيقية والفسفوليبيدات والمواد الكربوايدراتية من سكريات وعديدات تسكر والأملاح المعدنية ومعظمها فوسفات وكلوريد وكبريتات وكربونات الماغنسيوم والصوديوم والكالسيوم.

إذا مزجت المواد غير الحية السابقة بنفس النسب التى توجد عليها فى البروتوبلازم فانها لاتكون مادة حية مطلقا وعلى ذلك فتعزى ظاهرة الحياة فى البروتوبلازم الى الطريقة الغامضة التى تنتظم بها هذه المواد داخل كتلته فإذا اختل ترتيب هذه المواد كما يحدث عند التحليل الكيميائى للبروتوبلازم أو عند طحن الخلايا وعند معاملتها بمادة ضارة فان البروتوبلازم يفقد ظاهرة الحياة.

الطبيعة الغروية للبروتوبلازم :

تعزى الى الطبيعة الغروية للبروتوبلازم كثيرا من الخواص البروتوبلازم الطبيعية وأهمها:

١) الحركة البراونية ويمكن باستعمال المجهر الدقيق أن نشاهد فى البروتوبلازم دقائق مضيئة معه فى حركة مستمرة غير منتظمة.

٢) للبروتوبلازم القدرة على التحول العكسى من الحالة السائلة Sol الى الحالة المتصلبة Gel ويحدث ذلك نتيجة للتغيرات فى تركيز أيون الايدروجين ودرجة الحرارة وغيرها من العوامل فمثلا فى درجات الحرارة المنخفضة (صفر °م) يميل البروتوبلازم الى الحالة المتصلبة وفى درجات الحرارة المرتفعة نوعا يميل الى الحالة السائلة فإذا إرتفعت درجة الحرارة الى ٥٠°م فان جزيئات البروتين المكونة للبروتوبلازم تتجمع تجمعا غير قابل للانعكاس يؤدى ذلك الى موت الخلايا وفى البذور يتحول البروتوبلازم الغروى المتماسك الى محلول غروى سائل نتيجة لتشرب نسبة كبيرة من الماء أثناء عملية الانبات.

٣) تعزى لظاهرة التجمع السطحى كثيرا من مظاهر النشاط الحيوى للبروتوبلازم إذ توجد كثير من محتويات البروتوبلازم كالأملاح والأصباغ فى حالة تجمع سطحى على بروتينات البروتوبلازم ولهذه الخاصة دور كبير فى انتقال الذائبات من الخلية.

٤) يحمل البروتوبلازم شحنة كهربية ويتوقف نوعها على قيمة الرقم الأيدروجينى للسيتوبلازم فهى موجبة اذا كان الرقم الايدروجينى فى الجانب الحامضى لنقطة التعادل الكهربى للبروتين وسالبة اذا كان الرقم فى الجانب القلوى لهذه النقطة ويمكن تعريف نقطة التعادل الكهربى Isoelectric point بأنها النقطة أو الرقم الأيدروجينى التى يحدث عندها تعادل الشحنات. ويعتبر وجود هذه الشحنة عاملا

هاما فى احتفاظ البرتوبلازم بصفة الغروية ويمكن معادلة هذه الـشحنات باضـافة أيونات ونتيجة لذلك يفقد البرتوبلازم صفته الغروية ونشاطه الحيوى·

أغشية الخلية Cell membranes :

١ - الجدار الخلوى:

يظهر وسط الخلية المرستيمية بعد أن تنقسم النواة غشاء رقيق يفرزه البروتوبلازم ويسمى بالصفيحة الوسطى ويتكون من مركبات بكتينية تكون عادة على صورة بكتات الكالسيوم وبعد ذلك يستمر السيتوبلازم فى ترسيب مادة السليلوز على الصفيحة الوسطى ويسمى الجدار عندئذ بالجدار الابتدائى، فاذا أخذت الخلية فى النمو تزايد سمك هذا الجدار بما يترسب عليه من مادة السليلوز أو من مواد أخرى كاللجنين والكيوتين والسيوبرين - أما فى حالة نقية أو مختلفة ويعرف الجدار فى هذه الحالة بالجدار الثانوى· ومن بين المركبات الأخرى التى قد تدخل فى تكوين الجدار الخلوى بعض المواد الصمغية والدهنية والبروتينات والتانينات والمواد الملونة وكذلك بعض الأملاح غير العضوية·

وفى كثير من الأحوال يكون تغليظ الجدار الخلوى غير منتظم فتوجد بين المناطق المغلظة مواضع يحتفظ فيها الجدار برقته تسمى النقر Pits وهى التى يسهل خلالها تبادل المواد من خلية الى أخرى·

وبالرغم من أن الجدار الخلوى يبدو فاصلا بين برتوبلازم الخلايا المتجاورة الا أن هناك روابط بلازمية Plasmodesmata عبارة عن خيوط تصل مابين السيتوبلازم المحيطى فى الخلايا المتجاورة مخترقة الجذر الخلوية ومارة خلال أغشية النقر فتعمل بذلك على اتصال المادة الحية فى الخلايا المتجاورة وذلك له أهمية كبيرة من حيث تنسيق الأعمال التى تؤديها الأجزاء المختلفة من الجسم الحى·

٢ – الأغشية البلازمية:

يبطن الجدار الخلوى غشاء رقيق يتكون من مادة السيتوبلازم الحية ولذلك تختلف صفاته عن صفات الجدار الخلوى فبينما يسمح الأخير بمرور أغلب المواد الموجودة خارجه فان الغشاء البلازمى يسمح لبعض هذه المواد بالمرور خلاله الى داخل الخلية ولايسمح للبعض الآخر وحين تصل الخلية الى مرحلة البلوغ يكون قد تكون فيها غشاء بلازمى آخر يغلف الفجوة العصارية حتى لايختلط البروتوبلازم بالعصير الخلوى ويطلق على الغشاء البلازمى الخارجى اكتوبلاست Ectoplast وعلى الغشاء البلازمى الداخلى تونوبلاست Tonoplast وتتأثر هذه الأغشية بنفس العوامل التى تؤثر على حيوية السيتوبلازم كالحرارة والرقم الأيدروجينى والمواد المخدرة والسامة والذائبات الاليكتروليتية. والأغشية البلازمية رقيقة جدا لايمكن رؤيتها بالمجهر ولكن هناك دلائل كثيرة على وجودها منها مايلى:

١) الخلايا التناسلية العارية للفطريات والطحالب تسبح فى الماء ولايضيع كيانها وهذا لايتأتى الا إذا كان البروتوبلاست محاطا بغشاء يفصله عن الماء.

٢) لاحظ Chambers عام ١٩٤٤ عند حقن الخلايا النباتية بمحلول صبغ من الأصباغ انتشار الصبغ خلال البروتوبلازم وعدم نفاذه خارج الخلية.

٣) تمكن سفريز Seifriz عام ١٩١٩ من اخراج الفجوة العصارية من خلايا بشرة البصل والابقاء عليها محاطة بغشاء التونوبلاست.

ويتكون الغشائان البلازميان نتيجة للتجمع السطحى للبروتينات وأشباه الدهنيات وغيرها من مركبات المادة البروتوبلازمية والأطوار المتصلة بها (الماء الجدارى والعصير الخلوى) التى من شأنها أن تخفض التوتر البينى عند سطحى الانفصال الخارجى والداخلى أى أن تلك الأغشية ليست متجانسة التركيب بل تتألف من مواد متباينة متماسكة تشبه فى تماسكها ونظام تراصها مايسمى بالزليكو.

ومن الواضح أن هذه الأغشية ليست ذات تركيب ثابت بل يتغير تركيبها بتغير تركيب البروتوبلازم نفسه أو الأطوار المتصلة به· وحيث أن تركيب المحاليل العصارية يختلف عادة عن تركيب المحاليل المبللة للجدار الخلوى والمتصلة اتصالا مباشرا بالسيتوبلازم، فمن المتوقع إذن أن يغاير الغشاء البلازمى الخارجى من حيث تركيبه وخواصه الغشاء البلازمى الداخلى ويؤيد ذلك ماوجده أوسترهاوت Osterhout من أن أيونات الماغنسيوم Mg^{++} غير موجودة اطلاقا.بالعصارة الخلوية للطحلب البحرى فالونيا *Valonia* واستدل من ذلك على عدم نفاذية الغشاء البلازمى الداخلى لايونات الماغنسيوم· أما الغشاء البلازمى الخارجى فلابد أن يكون منفذا لهذه الأيونات والا ماكان يتم تكوين الكلورفيل التى يدخل عنصر الماغنسيوم فى تركيبه·



(الشكل ٧) يوضح تركيب الغشاء البلازمى

الفجوة العصارية Cell Vacuole :

فى الخلايا الانشائية تبدو كتلة السيتوبلازم متجانسة وخالية من الفجوات وعندما تنمو هذه الخلايا يبدأ ظهور فجوات صغيرة داخل السيتوبلازم ممتلئة بمحلول مائى لاتلبث هذه الفجوات أن تتجمع فجوة مركزية تشغل معظم حيز الخلية وعندئذ ينحصر السيتوبلازم فى طبقة رقيقة تبطن الجدار من الداخل·

ويوجد العصير الخلوى داخل الفجوة العصارية وتختلف محتويات هذا العصير من خلية لأخرى ومن بين المواد التى يحتويها العصير الخلوى أملاح معدنية كربوايدراتية وأحماض عضوية وبروتينات ومركبات نيتروجينية أخرى ودهنيات وانزيمات ومواد مخاطية وبكتينية وأصباغ وبعض البللورات ٠

مراجع مختارة :

1- Alberts, B.; Johnson, A.; Lewis, J., Raff, M.; Roberts, K. and Walter, P.(2002) : Molecular Biology of the cell , 4th ed. Garland, New York .

2- Buchanan, B.B.; Gruissem, W., and Jones, R.L. (2000) : Biochemistry and Molecular Biology of plants . Amer. Soc. Plant Physiologists, Rockville, MD .

3- Ding, B.; Turgeon, R. and Parthasarathy, M. V. (1992) : Substructure of freeze substituted plasmodesmata . Protoplasma 169 : 28-41.

4- Driouich, A.; Levy, S.; Stachelin, L. A. and Faye, L. (1994) : Structural and functional organization of the Golgi apparatus in plant cells . Plant Physiol. Biochem. 32:731-749.

5- Faye, L.; Fitchette-Lainé, A.C.; Gomord, V.; Chekkafi, A.; Delaunay, A. M and Driouich, A. (1992) : Detection, biosynthesis and some functions of glycans N-linked to plant secreted proteins . In posttranslational Modifications in Plants (SEB Seminer Series, no. 53), N. H. Battey, H. G. Dickinson, and A. M. heatherington, eds., Cambridge University Press, Cambridge, pp.213-242.

6- Frederick, S., E., Mangan, M. E., Carey, J. B. and Gruber, P. J. (1992) . Intermediate filament antigens of 60 and 65 kDa in the nuclear matrix of plants ;Their detection and localization . Exp. Cell Res. 199 : 213-222 .

7- Gunning, B. E. S. and Steer, M. W.(1996) : Structure and function of plant cells . Plant Cell Biology . Jonnes and Bartlett, Boston .

8- Harwood, J. L. (1997): Plant lipid metabolism . In Plant Biochemistry, P. M. Dey and J. B. Harborne , eds., Academic Press, San Diego, CA, pp. 237-272.

9- Lucas, W. J. and Wolf, S. (1993) : The intercellular organelles of green plants . Plasmodesmata ; Trends Cell Biol. 3 : 308-315 .

10- O'Brien, T. P. and McCully, M. E. (1996) : A Pictorial and Physiological Approach . Plant Structure and Development . Macmillan, New York .

11- Radford, J. and White, R. G. (1996) : Preliminary localization of myosin to Plasmodesmata . Third International Workshop on Basic and Applied Research in Plasmodesmal Biology, Zichron-Takov, Isreal, March 10-16, 1996, pp. 37-38.

12- Renaudin, J. P.; Doonan, J. H.; Freeman, D.; Hashimoto, J.; Hirt, H.; Inze, D.; Jacobs, T.; Kouchi, H.; Rouze, P. and Sauter, M. (1996) Plant cyclins : A unified nomenclature for plant A-, B- and D-type cyclins based on sequence organization . Plant Mol. Biol. 32:1003-1018 .

13- Robards, A. W. and Lucas, W. J. (1990) Plasmodesmata. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 41: 369-420 .

14- Tilney, L. G.; Cooke, T. J.; Connelly, P. S. and Tilney, M. S. (1991) : The structure of Plasmodesmata as revealed by plasmolysis , detergent extraction, and protease digestion . J. Cell Biol. 112: 739-748 .

15- White, R. G.; Badelt, K.; Overall, R. L. and Vesk, M.(1994): Actin associated with Plasmodesmata . Protoplasma 180 : 169-184 .

16- Yang, c.; Min, G. W.; Tong X. J.; Luo, Z.; Liu, Z.F. and Zhai, Z. H. (1995) : The assembly of keratins from higher plant cell . Protoplasma 180: 128-132 .

الفصل الثالث

الخاصة الازموزية

Osmosis

مقدمة :

الانتشار هو حركة جزيئات المادة بفعل طاقتها الحركية محاولة أن تتوزع توزيعا منتظما فى الحيز الذى تشغله · فمثلا إذا كان لدينا محلول يحتوى على ١٠% من وزنه سكر قصب، ٩٠ % من وزنه ماء ووضعناه فى إناء ثم صببنا فوقه بعناية طبقة من الماء النقى فإنه – تبعا لقوانين الانتشار – ينتشر جزيئات السكرين المحلول المركز الى الماء النقى·

إذا فصلت طبقتا السائلين بغشاء فإن مايحدث يتوقف على نوع الغشاء ويمكن تقسيم الأغشية الى:

١) غشاء منفذ Permeable membrane وهو مايسمح لجزيئات المذيب والمذاب بالمرور خلال مسامه·

٢) غشاء غير منفذ Impermeable وهو مالايسمح لجزيئات المادة بالمرور كلوح من الزجاج مثلا·

٣) غشاء شبه منفذ Semipermeable إذا سمح لجزيئات المذيب ولم يسمح لجزيئات الذائب بالنفاذ ·

فإذا كان هناك غشاء منفذ يفصل بين المحلول السكرى والماء النقى فإن جزيئات الماء تنفذ خلال الغشاء من طبقة الماء النقى الى المحلول السكرى فإذا كان هناك مايقاوم تلك الزيادة فى الحجم فإنه ينشأ عن ذلك ضغط على الجدار يسمى بالضغط الازموزى Osmotic pressure. أما إنتشار الماء خلال الغشاء فيطلق عليه اسم الخاصة الأزموزية أو الانتشار الغشائى Osmosis.

فإذا سددنا فوهة الغشاء شبه المنفذ بسدادة محكمة تنفذ خلالها أنبوبة زجاجية فإن الماء ينفذ داخل الغشاء بالخاصة الأزموزية ويسبب ارتفاع السائل فى الانبوبة

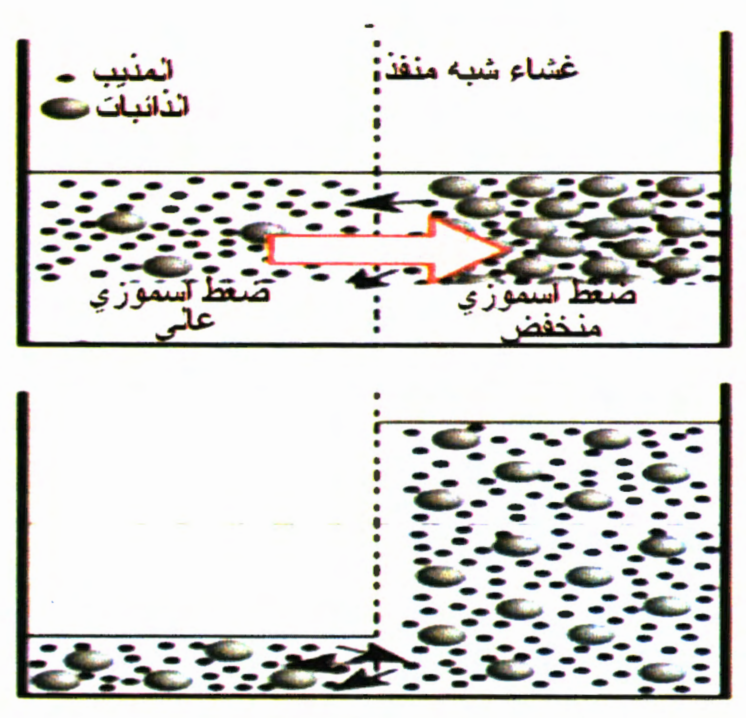
الزجاجية حتى يصل الى نقطة يظل ثابتا عندها بضعة أيام وعندئذ يكون ضغط عمود السائل مساويا للضغط الأزموزى لمحلول السكر·

ويمكن موازنة الضغط الأزموزى بضغط آخر يعمل فى الاتجاه المضاد فاذا وضع ثقل مناسب فوق المحلول الأصلى فإن دخول الماء بالخاصة الازموزية يتوقف ويمكن تعريف الضغط الازموزى لأى محلول بأنه أقصى ضغط يمكن أن ينشأ فيه عند فصله عن المذيب النقى بغشاء شبه منفذ تام وهو معادل الضغط اللازم تسليطه على المحلول لمنع زيادة حجمه نتيجة لانتقال الماء اليه·

وجدير بالذكر أنه عندما يفصل غشاء شبه منفذ بين محلولين مختلفى التركيز من سكر القصب مثلا فإن الماء ينفذ خلال هذا الغشاء من المحلول الأقل تركيزا الى المحلول الأكثر تركيزا حتى يتساوى تركيز المحلولين على جانبى الغشاء وحينما يشار الى حركة المذيب عند دراسة الخاصة الازموزية فإنه يقصد بذلك محصلة الحركة إذ أن جزيئات السائل تتحرك عبر الغشاء وفى كلا الاتجاهين دائما الا أنه فى كل وحدة زمنية يمر عدد من الجزيئات فى أحد الاتجاهين أكبر مما يمر فى الاتجاه الآخر وتكون محصلة الحركة دائما من المحلول المخفف الى المحلول المركز·

ولقد أمكن قياس الضغوط الأزموزية للمحاليل بوضعها فى وعاء خزفى رسب فى مسامه غشاء شبه منفذ من حديد وسيانور النحاس Copper ferrocyanide ويوضع خارج الوعاء المذيب النقى ويقاس الضغط بواسطة المانومتر المتصل بالوعاء ولقد وجد أن الضغط الأزموزى لمحلول ما يتناسب تناسبا طرديا مع تركيزه·

ولقد أستخدمت طرق كثيرة غير الطريقة السابقة لتقدير الضغط الأزموزى لمحلول ما منها تقدير الارتفاع فى درجة غليان المحلول أو الانخفاض فى درجة تجمده عن المذيب ثم يحسب الضغط الأزموزى من معادلات خاصة·



(الشكل ٨) يوضح الخاصة الازموزية وكيفية تقدير الضغط الازموزى

علاقة الخلية النباتية بالخاصة الأزموزية :

البلزمة Plasmolysis :

إذا وضعت خلية منفردة ذات فجوة فى محلول زائد التركيز Hypertonic أى ضغطه الأزموزى أعلى من الضغط الازموزى للعصير الخلوى فإن الماء ينتقل من داخل الخلية الى خارجها وينتج عن ذلك نقص فى حجم العصير الخلوى يتبعه انكماش فى حجم الخلية وارتخاء فى الجدار الخلوى وإذا استمر فقد الخلية للماء تقلص البروتوبلازم بعيدا عن الجدار الخلوى وبدا ككتلة متكورة فى فراغ الخلية ويقال أنها متبلزمة وتسمى الظاهرة بالبلزمة وعند نهاية البلزمة يكون الضغط الأزموزى للعصير

الخلوى مسايا للضغط الأزموزى للمحلول الخارجى · إذا بقيت الخلية على حالتها السابقة مدة طويلة فإنها تفقد قدرتها على العودة الى حالتها الطبيعية عند وضعها فى ماء نقى أما اذا أسرعنا فى نقل الخلية المتبلزمة الى ماء أو محلول ناقص التركيز Hypotonic أى ضغطه الازموزى أقل من الضغط الازموزى للعصير الخلوى فان الخلية تستعيد امتلائها وهذا مايعرف بتعادل البلزمة Deplasmolysis .

وهناك نوعان من البلزمة بلزمة مؤقته Temporary plasmolysis وبلزمة مستديمة Permanent plasmolysis فمعروف أن المحاليل زائدة التركيز لبعض الذائبات كسكر القصب تسبب للخلية بلزمة مستديمة على حين تسبب محاليل مماثلة كالجليسرين واليوريا بلزمة مؤقته تتخلص منها الخلية بعد فترة وجيزة وهى مازالت فى المحلول المسبب للبلزمة ·

وسبب ذلك أن جزيئات الماء تنفذ خلال الأغشية البلازمية بمعدل أكبر من نفاذية جزيئات أى مادة ذائبة فيه ، كذلك تنفذ جزيئات هذه المواد خلالها بدرجات متفاوتة فعند وضع الخلية فى محلول الجليسرين مثلا يخرج الماء من الخلية بدرجة أسرع من دخول جزيئات الجليسرين الى فجوتها ويترتب على ذلك حدوث بلزمة مؤقته يعقبها تساوى تركيز المادة فى الداخل والخارج نتيجة دخول جزيئاتها الى الفجوة وعلى ذلك تستعيد الخلية حالتها الطبيعية أما عند وضع الخلية فى محلول السكر فإن الماء يخرج منها وتحدث البلزمة إلا أنه نظرا لبطء انتشار جزيئات السكر خلال الغشاء البلازمى فان البلزمة تستمر مدة طويلة ·



(الشكل ٩) يوضح كيفية حدوث البلزمة بالخلية النباتية

الخلية النباتية كجهاز أزموزى :

تعتبر الخلية النباتية البالغة كجهاز أزموزى إذ أن فجوتها العصارية الكبيرة ممتلئة بمحلول مائى لكثير من المواذ الذائبة وتحيط بالفجوة العصارية طبقة رقيقة من السيتوبلازم يحدها من الداخل والخارج غشاءان بلازميان يعملان بالاضافة الى مابينهما من ستوبلازم كغشاء ذى درجة عالية من النفاذية التفاضلية أما الجدار الخلوى فيعمل غالبا كغشاء منقذ ٠

فإذا غمست خلية نباتية فى محلول سوى التركيز Isotonic solution أى له نفس تركيز العصير الخلوى تنشأ حالة من الاتزان الديناميكى وتكون محصلة الحركة المائية مساوية صفرا ٠

أما إذا وضعت الخلية فى ماء نقى فإن الماء ينفذ خلال أغشيتها الى فجوة الخلية وينتج عن هذا الامتصاص الأزموزى نقص فى تركيز العصير الخلوى وزيادة فى حجمه تسبب تمدد الطبقة البروتوبلازمية التى تضغط بدورها على الجدار الخلوى المرن ويقال أنها فى حالة انتفاخ أو امتلاء ، كما يقال للضغط الذى تبديه محتويات الخلية على الجدار الخلوى وتعارض به دخول الماء اليها ضغط الامتلاء Turgor pressure وهذا الضغط يساوى دائما فى القيمة ولكنه يضاد فى الاتجاه ضغط الجدار Wall pressure الذى يعارض زيادة الخلية فى الحجم. فإذا رمزنا للضغط الازموزى للعصير الخلوى بالحرف (ض) ولضغط الامتلاء بالحرف (م) فان القوة التى يدخل بها الماء الى فجوة الخلية تعادل ض – م ويطلق عليها قوة الامتصاص الازموزية Osmotic suction force فإذا رمزنا لها بالحرف ص تكون ص = ض – م .

هذا اذا كان الوسط الخارجى ماء نقيا أما اذا كان المحلول الخارجى له ضغط ازموزى معين ض١ فإن هذا من شأنه أن يقاوم دخول الماء الى الخلية أى يعمل جنبا الى جنب مع ضغط الامتلاء .

∴ ص = ض – ض١ – م

= ض – (ض١ + م)

فإذا كانت ص للخلية موجبة استمر دخول الماء الى فجوتها وكلما دخلت كمية من الماء يزداد توتر الجدار الخلوى ويزداد ضغط الامتلاء وحين تصل مرونة الجدار الخلوى الى نهايتها القصوى يقف تبادل الماء وتصبح الخلية فى حالة اتزان ويقال أنها تامة الامتلاء .

وحيث أن ص عند الامتلاء التام تساوى صفرا

∴ ض = ض١ + م

واذا كان الوسط الخارجى ماء نقيا أى ض١ = صفرا

فان ص = م أو ض – م = صفرا

أى أنه فى حالة الاتزان تكون قوة الضغط الازموزى للعصير الخلوى التى تدفع الماء الى داخل الخلية متعادلة مع ضغط الامتلاء الذى يعارض دخول الماء اليها ٠

حركة الماء بين الخلايا : مماسبق يتضح أن دخول الماء الى الخلية يتوقف على قوة الامتصاص الازموزية لاعلى الضغط الازموزى لعصارتها فقد يحدث تحت ظروف معينة أن يمر الماء من خلية ذات ضغط ازموزى عال الى أخرى ملاصقة لها ذات ضغط ازموزى منخفض ٠

أ	ب
ض = ١٢	ض = ١٠
م = ٦	م = ٢
ص = ٦	ص = ٨

←

إتجاه مرور الماء

وذلك عندما يكون ضغط الامتلاء للخلية الاولى أكبر منه للخلية الثانية ومن الشكل يتبين أنه على الرغم من أن الضغط الازموزى للخلية أ أعلى من الضغط الازموزى للخلية ب فإن الماء ينتقل من أ الى ب لأن قوة الامتصاص الأزموزية للخلية ب أعلى منها للأولى أ

أ : ص : ١٢–٦ = ٦ ضغطا جويا

ب: ص: ١٠–٢ = ٨ ضغطا جويا

ويستمر الماء فى حركته المحصلة من أ الى ب حتى تتساوى قوة الامتصاص الأزموزية لكل من الخليتين ·

العوامل التى تؤثر على الضغط الأزموزي للعصير الخلوى :

١) البيئة التى ينمو فيها النبات : يتغير الضغط الأزموزى للخلية بتغير تركيز الوسط الخارجى الذى يعيش فيه النبات ، ويكون التغير غالبا فى نفس الاتجـــاه زيـــادة أو نقصا ولكن ليس بدرجة واحدة · فقد وجد أن زيادة الأملاح فـــى التربـــة ترفـــع الضغط الأزموزى للنباتات التى تعيش فيها · وتعزى هذه الزيادة فـــى الـــضغط الأزموزى للخلايا الى زيادة امتصاص الأملاح وتراكمها من جهة والـــى تحلـــل المواد العضوية المدخرة فى خلايا الجذر من جهة أخرى·

ويختلف الضغط الأزموزى لنباتات البيئات المختلفة، فالضغط الأزموزى فى النباتات المائية Hydrophytes أقل منه فى النباتات الوسطية Mesophytes وهذه أقل منها فى النباتات الجفافية Xerophytes والضغط الأزموزى للنباتات الملحية عال نسبيا وذلك لأنها تعيش على تربة غنية بالأملاح الذائبة وتمتص منها كمية كبيرة نسبيا·

٢) نوع النبات: تختلف قيمة الضغط الأزموزى فى النباتات المختلفة التى تعيش فى بيئة واحدة وتكون هذه القيمة مرتفعة فى الأشجار والشجيرات عنها فى الأعشاب والحوليات·

٣) عمر الخلية ومكانها فى النبات: يقل الضغط الأزموزى للخلايا مع تقدمها فى العمر ففى الأوراق الحديثة تكون قيمته أعلى منها فى الأوراق المسنة على نفس النبات · ولوحظ كذلك أن الضغط الأزموزى ينخفض كلما اقترب مكان الخلايا فى النبات من مصدر الماء فتقل قيمة الضغط الأزموزى فى الاتجاه من الأوراق الى الجذر·

٤) ساعة تحديد قيمة الضغط الأزموزى: تتغير قيمة الضغط الأزموزى لخلايا النسيج الواحد خلال نفس اليوم ففى الأوراق مثلا يكون الضغط الأزموزى منخفضا فى الصباح الباكر ثم يرتفع خلال اليوم ويصل أعلى قيمة له فى الساعات الأولى بعد الظهر ثم ينخفض بعد ذلك تدريجيا حتى الصباح التالى وهكذا. وقد يرجع السبب فى إرتفاع الضغط الأزموزى لخلايا أوراق النبات أثناء فترة الظهيرة الى نشاط عملية التمثيل الضوئى والى نقص المحتوى المائى للخلايا نتيجة لارتفاع سرعة النتح فى هذه الفترة من اليوم.

دور الأزموزية فى حياة النبات :

١) إن إمتصاص الماء من التربة بواسطة الشعيرات الجذرية وانتقاله خلال خلايا النبات الحية ليس الا عملية أزموزية .

٢) تعمل الخاصة الأزموزية على بقاء الخلايا النباتية فى حالة امتلاء . والخلية الممتلئة تكسب النبات صلابة ، وخاصة فى الأجزاء التى لاتتكون فيها الأنسجة الدعامية كمناطق النمو فى الساق والجذر وتساعد هذه الصلابة الجذر على إختراق التربة والساق على الاحتفاظ بقوامه. وليس هذا فحسب بل إن الخلايا الممتلئة هى وحدها التى تستطيع أن تنمو وتنقسم وتقوم بسائر عمليات التحول الغذائى .

٣) تعمل الخاصة الأزموزية على توزيع الماء فى جسم النبات، فإذا قل المحتوى المائى فى نسيج ما فإنه نظرا لارتفاع ضغطه الأزموزى يسحب الماء من نسيج أخر مجاور له يكون ضغطه الأزموزى منخفضا .

٤) تزيد التركيزات الأزموزية العالية مقاومة النبات لدرجات الحرارة المنخفضة والجفاف إذ أن زيادة تركيز الخلوى من شأنه أن يخفض درجة الحرارة تجمده ويقلل من فقد النبات للماء .

٥) ترتبط عملية إنفتاح الثغور وإنغلاقها بتغير الضغط الأزموزى فى الخلايا الحارسة فإرتفاع هذا الضغط يصاحبه إنفتاح الثغور ، أما انخفاضة فيسبب إنغلاقها.

مراجع مختارة :

1- Bewley, J.D. (1979) : Physiological aspects of deication tolerance. Ann. Rev. Plant Physiol. 30: 195- 238

2- Brown, R.W. and B.P. Van Haversen , eds. (1971): Psychrometer in water relations research. Proccdings of Symposium on Thermocouple Psychrometer. Agric. Exp. Sta., Utah State Universty.

3- Crafts, A.S., Currier, H.B. and Stocking, C.R. (1949): Water in the Physiology of Plants. Chronica Botanica, Waltham, Mass, U. S. A.

4- Fischer, R .A. and Turner, N. C.(1978): Plant productivity in the arid and semiarid zones. Ann. Rev. Plant Physiol. 29: 277- 317.

5- Kozlowski, T.T., (1968- 1978): Water deficit and Plant Growth. Vol. 1-5. New York : Academic Press.

6- Meidner, H. and Sheriff (1976) : Wate and plant.New York: Wiley.

7- Slatyer, R.O.(1967): Plant-Water Relationship. New York: Academic Press.

8- Steward, F.C. (ed.) (1959): Plant physiology, A Treatise, VII Plants in Relation to Water and Solutes, Academic Press, New York and London.

9- Sutcliffe, J. (1968): Plants and Water, The Institute of Biology's Studies in Biology No. 14. Edward Arnold (Publishers) Ltd.

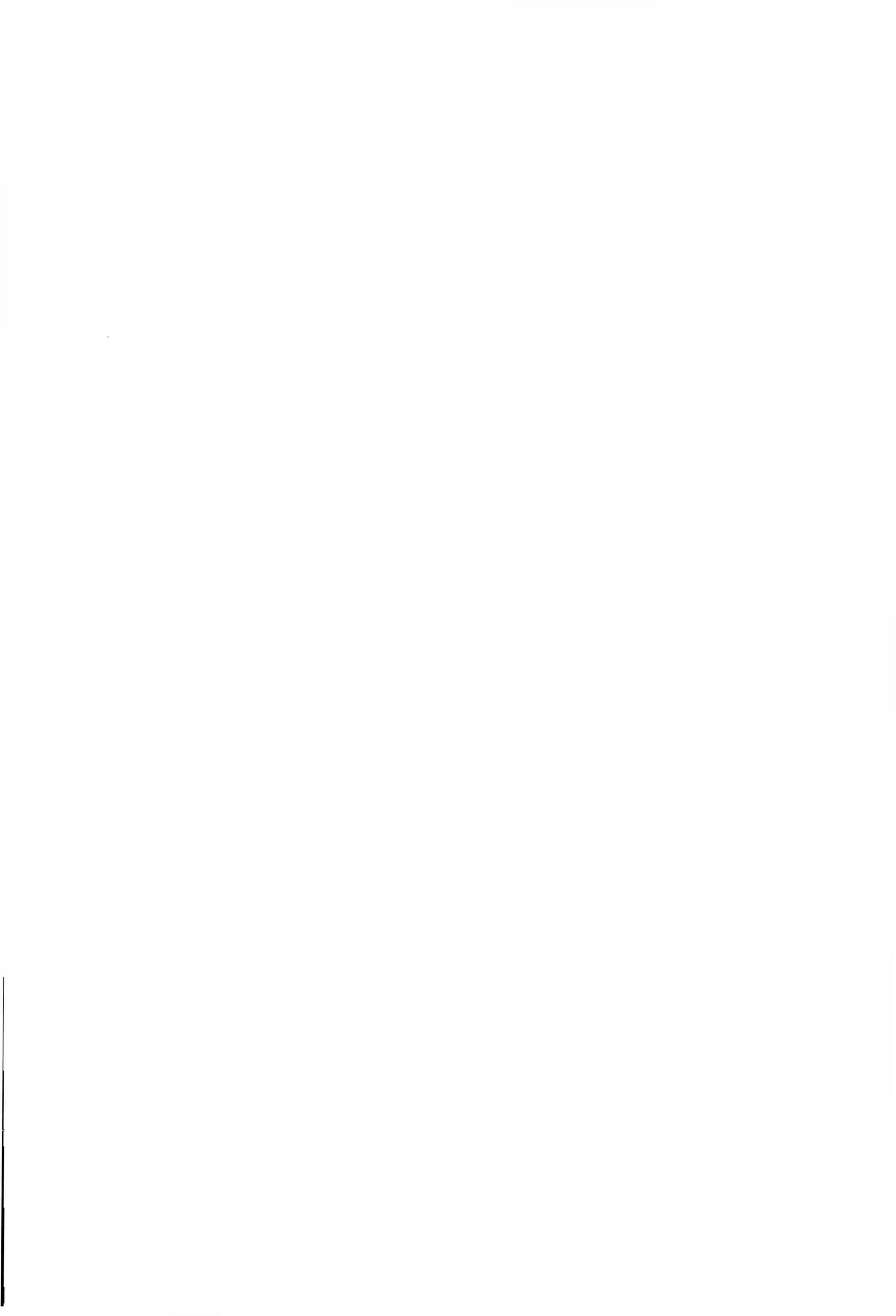
10- Weatherley, P.E. (1970): Some aspect of water relations. In R.D. Preston, ed., Advances in Biotanical Research. New York: Academic Press.



الفصل الرابع

علاقة النبات بالماء

Plant Water Relations



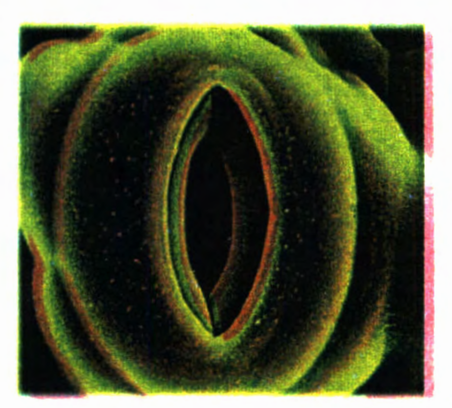
مقدمة :

يقول الله عز وجل (وجعلنا من الماء كل شئ حي) صدق الله العظيم

من المعروف أن بخر الماء الى الهواء الخارجي يتم في وجود الطاقة الشمسية و لتي تزيد من قابلية الهواء على حمل المزيد من جزيئات الماء ويحصل الهواء على جزيئات الماء من أي سطح رطب يكون فيه جهد الماء (طاقة الماء الحر) أعلى من الجهد المائي للهواء والأوراق النباتية إحدى هذه السطوح الرطبة الغضة التي يمكن أن تمد الهواء بجزيئات الماء · نتيجة لفقد الأوراق للماء لابد من وجود عملية إمداد للنبات بالماء من التربة لتعوض الفقد وهو ما يعرف بعملية الامتصاص·فعملية الامتصاص إذن عملية دخول الماء للنبات مع ما يحتويه من أملاح وأيونات ذائبة من خلال الجذور وقد يتم امتصاص الماء عن طريق المجموع الخضري ولكن الكميات الممتصة من الماء عن طريقة الأوراق عادة ما تكون قليلة ·

امتصاص الماء وعلاقته بالنتح:

يفقد الماء من الأوراق خلال الثغور التي تفتح لتسمح بدخول ثاني أكسيد الكربون وهو المادة الضرورية لعملية البناء الضوئي لذلك يمكن اعتبار النتح عملية ثانوية و ضريبة لابد أن يدفعها النبات لقاء تسهيلات المرور التي تعطيها الأوراق لمرور ثاني أكسيد الكربون نتيجة الفقد المستمر للماء كان لابد للنبات تعويض هذه الكمية بالامتصاص و إلا هلكت الأوراق و هلك النبات·




(الشكل ١٠) يوضح الجهاز الثغرى وعملية فتح وغلق الثغور

يفقد الماء من أعلى النبات فيزداد تركيز المواد في خلايا الأوراق فيقـل الجهـد المائي فيها مما يزيد من سحبها للماء من الخلايا المجاورة وينتقل هذا التأثير الي خشب الأوراق ثم الى خشب الساق و الجذور ومن الجذر إلى جزيئات التربة المحيطـة بهـا فيتحرك الماء من التربة إلى الأوراق كخيط قوى يتحرك حين يسحب أحـد طرفيـه. وعمليتي النتح و الامتصاص متلازمتان على الدوام عندما يزيد النتح عن الامتصاص يقل محتوى خلايا النبات من الماء فيقل الضغط فى داخلها فيذبل النبات و يحدث هـذا عادة أثناء ساعات النهار التي ترتفع فيه درجات الحرارة و تقل الرطوبة النسبية فيكون النتح فى أقصاه والجهد المائي للخلايا الورقية فى أدنى مستواه . لذلك لابد مـن أخـذ فكرة عن النتح و العوامل المؤثرة عليه.

أنواع النتح:

النتح هو فقد الماء على هيئة بخار ماء من أسطحه المعرضة للجـو خاصـة الأوراق فاذا فقد الماء عن طريق ثقوب ميكروسكوبية تسمى بالثغور stomata سمى بالنتح الثغري. اما اذا فقد الماء على صورة بخـار المـاء مـن خـلال العديـسات

lenticcles الموجودة فى الأنسجة الفلينية التي تغطي أسطح السيقان و الأفرع ســمى بالنتح العديسي أما الفقد من أسطح الأوراق و السيقان العشبية خلال طبقة الأدمة يسمي بالنتح الأدمي.

لما كان النتح ضروريا للنبات و كان من الضروري أيضا أن يقي النبات نفسه من أخطار الذبول المترتب علي شدة النتح تعين أن يوجد جهاز خاص علي الـسطوح لورقية لتنظيم حركة فقد الماء من النبات بحيث لا يفقد النبات الماء إلا بالقدر المناسب ـ هذا الجهاز هو مجموعة الثغور المبعثرة علي سطح الأوراق.

للنتح فوائد عديدة نجملها فى النقاط التالية:

١. يقي النبات من أخطار الحر الشديد لأن تبخر الماء من أنسجة الورقة يقتضي استنفاذ مقدار من الحرارة تعرف بحرارة التبخير و التي تستمدها من الأوراق فتبرد.

٢. ينتج من النتح قوة سالبة هي العامل المهم في إمداد النبات بالماء.

٣. يساهم النتح في زيادة معدل امتصاص النبات للذائبات من التربة.

ميكانيكية فتح و غلق الثغور(الحركة الثغرية) :

يحمل سطح بشرة الورقة عدد كبير من الثغور تحاط كل منهـا بخليتـين مـن حلايا البشرة متخصصتين تعرفان بالخلايا الحارسة يتحكمان فى فتح و غلق الثغـور. و الحركة الثغرية تعتمد بصفة عامة علي الاستجابة المباشرة للزيادة أو الـنقص للجهـد الاسموزي للخلايا الحارسة و التغير في الجهد المائي الناتج من التغيرات الأسـموزية بسبب تحرك الماء من أو الي الخلايا الحارسة . فعند امـتلاء الخلايـا الحارسـة (أي يخرج منها الماء) فان الثغر يغلق . و يرجع زيادة الضغط الاسموزى للخلايا الحارسة و نظرا لاحتوائها علي البلاستيدات الخضراء الي زيادة السكريات الناتجة من عمليات التمثيل الكربوهيدراتى فقد قيس الضغط الاسموزي للخلايا الحارسة ووجـد أنهـا ٩٠ ضغط جوي بينما تصل الي ربع هذا المقدار في خلايا البشرة المجاورة. وقد لوحظ أنه

بمجرد غلق الثغور يتراكم النشا فى الخلايا الحارسة وفي نفس الوقت ينخفض ضغطها الاسموزي حتى يوازي الضغط الاسموزي لخلايا البشرة٠

غير أن فتح الثغور أسرع من أن يرجع الي عملية التمثيل الضوئي وهي عملية تتطلب وقتا حتى ينتج السكر، لذلك أن يكون هناك سببا أخر مباشرا لإحداث التغير اللازم فى الضغط الاسموزي للخلايا الحارسة٠ فهناك رأي أن زيادة الضغط الاسموزى ناتج من تحلل النشا تحليلا مائيا الي سكريات تزيد من الضغط الاسموزى للخلايا الحارسة و هذا التفاعل عكسي نتيجة عمل أنزيم starch phosphorylase ، فعند ارتفاع الرقم الايدروجيني pH الي حوالي ٧ تحدث عملية الفسفرة phsphorolysis أو التحلل الفسفوري بمساعدة الأنزيم لتكوين جلوكوز –١– فوسفات، وعند انخفاض الرقم الي حوالي ٥ فان النشا يتكون من جلوكوز –١–فوسفات بواسطة نفس الأنزيم و ينفرد حمض الفوسفوريك ٠ فعند حلول الظلام بيلا يتراكم ثاني أكسيد الكربون الناتج من عملية التنفس و الذي يتحول الي حمض كربونيك فيؤدي الي رفع الحموضة و انخفاض رقم ال pH هذا الوسط الحامضى يلائم أن يعمل الأنزيم في اتجاه (سكر––– نشا) فينخفض الضغط الأسموزي في الخلايا الحارسة فتسحب الماء من الخلايا فتنكمش و تضيق فتحة الثغر و تغلق الثغور٠ أما في الضوء فعلي العكس حيث أن عملية التمثيل الضوئي تستهلك ثاني أكسيد الكربون الذتج من التنفس وبذلك تقل الحموضة و يرتفع رقم ال pH فى العصير الخلوي للخلايا الحارسة وهذا الوسط القريب للتعادل يلائم عمل الأنزيم في اتجاه (نشا––– سكر) فيؤدي الي رفع الضغط الاسموزى للخلايا الحارسة و بالتالي تمتص الماء من الخلايا المجاورة فتنفتح الخلايا الحارسة و ينفتح الثغر٠ و هناك رأي أخر للعالم Scarth وضعه لتفسير سرعة الثغور عند تعرضها للضوء و الذي أنكر علي الأنزيم سرعة فتح الثغر لان العمل الأنزيمي يحتاج الي وقت أطول من فتح الثغر عند تعرضه للضوء ، فقد أشار الي أن الضوء يسبب نقص تركيز الايدورجين في عصارة الخلايا الحارسة وهذا يزيد من قوة التشرب للمكونات الغروية للخلايا الحارسة فتمتص الماء من الخلايا المجاورة ، وعليه فانتقال الماء فى هذه الحالة ما هو الا نتيجة لقوة التشرب و ليس لقوة الامتصاص الأسموزية٠

العوامل المؤثرة علي الحركة الثغرية :

١- الضوء :

يؤثر الضوء علي فتح وغلق الثغور بالميكانيكية السابق ذكرها.

٢- البوتاسيوم :

وجود البوتاسيوم بالخلايا الحارسة يؤدى لانحلال النشا الى سكريات بسيطة زيادة التركيز الاسموزى فى الخلايا الحارسة مما يؤدى لانتقال الماء الى داخل الخلايا الحارسة وبالتالى يزيد من ضغط الامتلاء فينفتح الثغر.

٣- تركيزثانى أكسيد الكربون :

عند زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون فى المسافات البينية لأنسجة الورقة عن التركيز في الجو الخارجي يؤدى لغلق الثغور وعند التعرض للضوء يستهلك ثانى أكسيد الكربون في عملية التمثيل الضوئي فيقل تركيز ثانى أكسيد الكربون ويفتح الثغر.

٤- درجة الحرارة :

عند درجة حرارة من ٠ °م - ٣٠ °م يزداد فتح الثغر وعند درجة حرارة أقل من °م أو أكثر من ٣٠ °م يؤدى ذلك إلى غلق الثغور وذلك في معظم النباتات .ويرجع غلق الثغور إلى زيادة معدل التنفس عند هذه الدرجات من الحرارة فيزداد تركيز ثانى أكسيد الكربون فيغلق الثغر.

٥ – نقص الماء وحامض الأبسيسيك :

هناك بعض الحالات لا يستطيع النبات امتصاص الماء رغم الظروف الملائمة للامتصاص فيحدث بالتالي نقص الماء داخل النبات وللحفاظ على القدر الضئيل من الماء داخل النبات يتجه النبات الى تكوين هرمون حمض الأبسيسيك ABA وينقل هذا الهرمون إلى الأوراق ويؤدى ذلك لتنشيط علق الثغور.

العوامل المؤثرة على معدل عملية النتح:

أ) العوامل النباتية :

١– نسبة المجموع الجذري إلى المجموع الخضري: عندما يزداد المجموع الجذري عن المجموع الخضري للنبات ووجود الظروف الملائمة للامتصاص والنتح تكون كمية الماء الممتص أكبر من كمية الماء المفقود بالنتح وبالتالي ينمو النبات والعكس عندما يقل المجموع الجذري عن المجموع الخضري يحدث ذبول للنباتات

٢– مساحة الورقة : من المعلوم أن زيادة مساحة الورقة يتبعها زيادة الماء المفقود وغالبا ما تنتح النباتات الصغيرة بمعدل أكبر عن النباتات الكبيرة وذلك على أساس وحدة المساحة ولو أن النباتات الكبيرة تفقد كميات من الماء أكبر إلا أن الماء المفقود بالنسبة لوحدة المساحة يكون أكثر فى النباتات الصغيرة.

٣– تركيب الورقة : يختلف عدد الثغور الموجودة وسمك طبقة الكيوتين المغطية للأوراق وسطحية وتعمق الثغور على سطح الورقة وتعريق الأوراق باختلاف الأنواع النباتية مما يؤثر على معدل النتح.

ب) العوامل البيئية :

١- الرطوبة النسبية في الجو :

ارتفاع الرطوبة النسبية في الجو يترتب علية زيادة الضغط البخاري لبخار الماء فى هذا الجو، ويؤدى ذلك بالطبع إلى تقليل البخر وبالتالي تقليل النتح.

٢- الرياح :

يتسبب عن حركة الهواء تقليل الرطوبة النسبية بإزالة الهواء الرطب في الجو الملامس مباشرة لسطح الأوراق وبالتالي يزداد النتح . أما عند اشتداد الرياح فان الثغور تقفل ، وبالتالي يقل معدل النتح .وتقفل الثغور هنا بسبب فقد النبات لكميات هائلة من الماء تؤدى الى نقص شديد فى انتفاخ البشرة والخلايا الحارسة وبالتالى تقفل الثغور.

٣- درجة الحرارة :

يؤدى ارتفاع درجة الحرارة الى زيادة البخر وبالتالى الى زيادة النتح وتعتبر عملية النتح عملية تلطف من حرارة النبات لأن قدر كبير من الحرارة التى تتعرض لها أسطح الأوراق تستنفذ فى تبخير كميات كبيرة من الماء فى صورة نتح.

٤- الضوء :

تتجلى دور الضوء من خلال تأثيرة على حركة فتح وغلق الثغور كما ان الضوء الشديد يزيد من درجة الحرارة وبالتالى يزيد من معدل النتح.

٥- تيسر ماء التربة :

كلما كان ماء التربة محددا كلما قل امتصاص الجذور للماء ويؤثر ذلك بالطبع على التوازن المائى فى النبات وعلى النتح.

امتصاص الماء :

أ- مسار تحرك الماء خلال الجذر :

يمتص الماء بواسطة الشعيرات الجذرية وخلايا البشرة الأخرى القريبة من منطقة الشعيرات الجذرية ثم يتحرك الماء من هذه الخلايا الى خلايا أنسجة القشرة ثم الى الاندودرمس ثم الى البريسيكل وفى النهاية الى الخشب . يتحرك الماء الى خلايا الاندودرمس خلال التدرج الاسموزى الى البريسيكل ثم الى الخلايا الموصلة للخشب .ويتصل نسيج خشب الجذر مباشرة بنسيج الخشب فى الساق ولذلك يتحرك الماء من الجذر الى الساق.

تركيب النسيج الناقل فى الساق والأوراق: عند فحص قطاع عرضي لساق خشبية يلاحظ وجود منطقتين متميزتين هما:

- القلف وهو على شكل حلقة خارجية تحيط بالساق وتتشقق أحيانا.

- الخشب ويشكل اسطوانة الى داخل القلف وقد يوجد النخاع pith الى داخل الخشب . ويوجد بين اسطوانة الخشب او القلف عدة صفوف من خلايا نشطة تسمى الكمبيوم الوعائي والذى ينقسم مكونا خلايا جديدة للخشب واللحاء ويحاط القلف من الخارج باكمبيوم الفلينى وهو نسيج مرستيمى تنقسم خلاياه ببطىء. لذلك فان الانقسامات السنوية للكمبيوم الوعائي تؤدى الى زيادة نسبة الخشب الى القلف .

- ويتكون الخشب من:

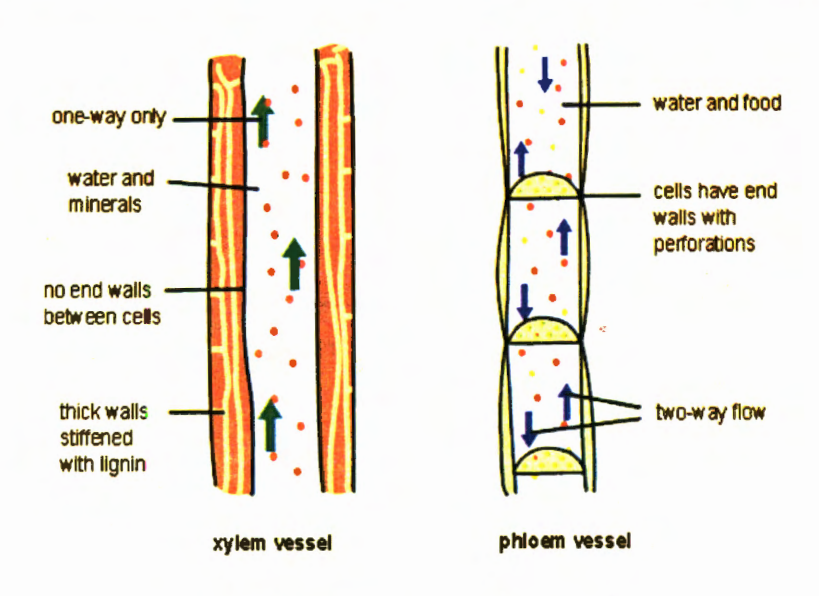
١- أوعية Vessels وهى خلايا متتابعة طوليا أسطوانية الشكل تفصل نهايتها مع بعضها البعض لتكون أنابيب طويلة نسبيا.

٢- قصيبات Tracheids وهى خلايا تميل للاستطالة ذات نهايات مدببة فتموت فيها البروتوبلازم عند النضج وتحتوى بعض القصيبات على

حالات نمو بشكل حلزوني ، حلقي مكون من السليولوز الملجنن كما تحتوى جدرانها على نقر تسهل حركة الماء والمواد المذابة من قصيبة لأخرى.

كما تحتوى نسيج الخشب ايضا على أشعة وعائية تساعد على حركة الماء بصورة افقية فى الساق وبعض الخلايا البرانشيمية التى تخزن الماء والمواد الغذائية والألياف الخشبية وتعمل على دعم الأنسجة الأخرى.

أما العروق الورقية فأنها عبارة عن حزم وعائية تتصل بمثيلاتها بعنق الورقة وتتركب العروق من خشب مكون من أوعية وقصيبات ولحاء مكونا أساسا من أنابيب منخلية ويكون الخشب القسم العلوي من العروق اى الى جهة البشرة العلوية بينما يكون اللحاء القسم السفلي.



(الشكل ١١) يوضح تركيب الوعاء الخشبى واللحاء

ب- حركة الماء فى الساق :

يتحرك الماء الى الأعلى مع بعض المواد الذائبة من أملاح ذائبة وتركيز منخفض من السكريات والممر الرئيسى للماء هو الخشب وتختلف سرعة صعود الماء الى الأعلى باختلاف النبات، فصل النمو، والظروف البيئية المحيطة.

ج- حركة الماء فى الأوراق :

تمثل الأوراق المرحلة النهائية لحركة الماء فى النبات. يتصل نصل كل ورقة بالساق فى عقدة الساق وفى العقدة يبرز النسيج الناقل الذى يغذى الورقة بالماء ويتوزع النسيج الناقل فى كل ورقة باختلاف النبات. ففى أوراق معظم النباتات ذوات الفلقة الواحدة تكون العروق موازية للعرق الرئيسى وتتفرع من هذه العروق فروع صغيرة ليصل الماء الى كل منطقة فى الورقة وفى نباتات ذوات الفلقتين يختلف توزيع العروق فى أوراقها فبعضها ذات عروق راحية حيث تتصل العروق الثانوية فى الورقة بالعرق

الرئيسى عند قاعدة الورقة. وفى البعض الأخر تكون العروق ريشية حيث يمتد العرق الوسطى الى حافة الورقة وتتصل بها الأفرع من الجانبين.

طرق قياس سرعة حركة الماء :

١- حقن المحاليل الملونة، المواد المشعة :

حيث يتم عمل شق فى الساق وتحقن محاليل ملونة،محاليل مواد مشعة باستعمال مكابس خاصة بضغط المحلول إلى أنابيب معدنية تغرز فى الساق. يقاس الوقت الذى استغرق المحلول للوصول الى ارتفاع معين حيث يقطع الساق الى مقاطع ويلاحظ المقطع الذى وصلت آلية الصبغة ولكن هذه الطريقة غير دقيقة فى نتائجها لان سرعة حركة الماء قد تتغير نتيجة شق الساق، فرز الأنابيب.

٢- الطريقة الحرارية:

حيث يسخن الماء فى الخشب بوضع سخان كهربائي على الساق وتقاس سرعة حركة الماء الى الأعلى بواسطة محبس حرارى يوضع على ارتفاع مناسب من السخان وهذه الطريقة لها عيوب إلا أنها ما زالت تستخدم على نطاق واسع.

آلية امتصاص الماء :

لقد بين علماء النبات أن امتصاص الماء يحدث بطريقتين رئيسيتين هما:

أ- الامتصاص النشط Active absorption: وهو أقل أهمية لمعظم النباتات ولأغلب الظروف.

ب- الامتصاص السلبي Passive absorption: ويحدث هذا الامتصاص نتيجة لتأثير قوة فيزيائية لا تحتاج لطاقة واهم هذه القوى هى النتح.

أولا: الامتصاص النشط :

من أهم الظواهر المألوفة فى النبات (أ) ظاهرة الادماع Guttation (ب) ظاهرة الضغط الجذرى Root pressure .

الادماع هو خروج قطرات الماء من الأوراق خلال العديسات الموجودة على حواف الأوراق نتيجة الضغط الجذرى يزيد عن المقاومة التى يلاقيها الماء فى حركته داخل النبات .وقد يكون هناك ضغط جذري دون حدوث ظاهرة الادماع كما هو الحال فى بعض النباتات مثل سيقان العنب فى بداية الربيع ويمكن ملاحظة الضغط الجذرى بقطع أحد السيقان فيستمر ينزف الماء مما يدل على أن الماء داخل السيقان واقع تحت ضغط موجب (يزيد عن الضغط الجوى).



وظاهرة الادماع والضغط الجذري لا يمكن تفسيرهما بالامتصاص السلبي فالامتصاص السلبي يعنى سحب الماء من الأعلى ويكون ضغطه داخل الساق سلبيا نتيجة الشد الواقع عليه من الأعلى بينما تحدث السابقة الذكر نتيجة دفع الماء من الأسفل أي من قبل الجذر و يكون ضغط الماء داخل الساق موجب .

وقد وجد أن مقدار الضغط الجذري فى معظم النباتات يتراوح من ١-٢ بار قد يصل كثر من ذلك فى بعض النباتات مثل الطماطم (٧ بار) وسيقان نبات العنب (٥-٦ بار).

- الضغط الجذري غير ثابت و يعتمد علي كثير من العوامل.

• **العوامل المؤثرة علي الضغط الجذري :**

١- توفر الماء فى التربة : الضغط الجذري يكون فى أشده عند السعة الحقلية.

٢- الجهد الاسموزي لمحلول التربة: يصل الماء الي الجذر نتيجة فرق الجهد و تزداد كمية الضغط الجذري كلما كان الجهد الاسموزي للخلايا الجذرية قليل و الجهد الاسموزي لمحلول كبير (أقل سلبية).

٣- درجة حرارة التربة: يقل الضغط الجذري فى التربة المنخفضة الحرارة وذلك لزيادة لزوجة الماء و مقاومة الجذر وقلة نمو الجذر الرئيسي و بطئ سرعة امتصاص الأيونات.

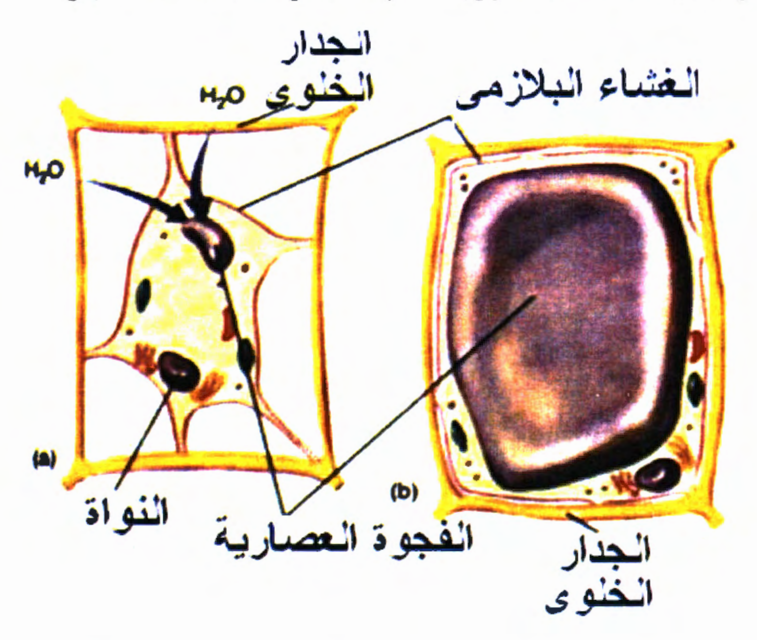
٤- تهوية التربة: تزداد سرعة امتصاص الماء و يزداد الضغط الجذري فى التربة جيدة الصرف وقليلة الأملاح.

٥- عمر النبات: يقل الضغط الجذري فى الجذور القديمة التي تحتوي علي نسبة عالية من اللجنين و السوبرين و يزداد فى الجذور النشطة.

٦- ينعدم تأثير الضغط الجذرى في النباتات عندما تكون سرعة النتح أعلي من سرعة اندفاع الماء بالضغط الجذري لذلك فان جميع العوامل البيئية تساعد علي سرعة النتح تقلل من أهمية الضغط الجذري للنبات.

٧- يختلف مقدار الضغط الجذري خلال ساعات النهار و باختلاف الفصول بغض النظر عن تأثيره في رفع الماء ويكون في أشده في منتصف النهار و يقل أثناء

الليل و يعزي ذلك الي عاملين هما الامتصاص النشط للأيونات و انتقالها الي الساق يكون في أشده خلال ساعات النهار وذلك لتوفير الطاقة اللازمة لفاعلية الجذر خلال هذه الساعات· وزيادة مقاومة الجذر خلال ساعات النهار·



(الشكل ١٢) يوضح ضغط الامتلاء واثرة على امتصاص الماء

كيفية حدوث الامتصاص النشط (الضغط الجذري) :

لقد عزي الضغط الجذري الي ثلاثة عوامل و هي:

- **يحدث الامتصاص نتيجة حدوث فرق في الجهد الاسموزي بين الجذر ومحلول التربة :**

يتحرك الماء من المناطق التي يكون فيها جهده مرتفعا الي المناطق التي يكون فيها جهده منخفضا·يقل الجهد الاسموزي لخلايا الجذر نتيجة تجمع الأيونات داخل خلايا الجذر و الخشب و تجمع هذه الأيونات من قبل الجذر ناتج عن استهلاك طاقة لأن تجمع الأيونات يحدث بعكس تركيزهما · و يحافظ الجذر علي فرق الجهد بين

خلاياه و محلول التربة باستمرار جمع الأيونات و حصوله علي السكريات من الجـزء الخضري • و نتيجة لفرق الجهد يدخل الماء من التربة الي الجـذر بعمليـة الانتـشار البسيطة • إذن فعملية الامتصاص بهذه الطريقة لا تحتاج الي طاقة بصورة مباشـرة و لكنها تحدث نتيجة امتصاص الأيونات بالامتصاص النشط و باستهلاك الطاقة • و لقـد أمكن في كثير من الحالات تقليل الضغط الجذري باستعمال مواد مثبطة لتنفس الجـذر كما أمكن تثبيط الامتصاص النشط بتسخين التربة أو وضع الجذر فى محلـول الجهـد الاسموزي مساويا للجهد الاسموزى فيه خلايا الجذر•

- **امتصاص جزيئات الماء امتصاصا نشطا:**

لقد اقترح أن جزيئات الماء قد تمتص باستهلاك طاقة بصورة مباشرة أي أنها تمتص امتصاصا نشطا كما هو الحال بالنسبة للأيونات و لم تجد هذه النظرية قبولا من أغلب الباحثين•

- **فرق الجهد الكهربائي الاسموزي:**

من المعروف أن الماء يمر من مكان الي أخر عبر الأغشية المنفـذة إذا كـان هناك فرق في التيار الكهربائي بين الجهتين و تكون حركة الماء في اتجـاه القطـب الكهربائي الذي يحمل شحنة مشابهة لشحنة الغشاء و بما أن غشاء الـسليولوز يكـون شحنته سالبة في الماء و القسم الداخلي من الجذر يكون شحنته سالبة أيضا فان المـاء يتحرك باتجاه الجذر و قد بينت الأبحاث بان فرق الجهد الكهربائي بين سطح الجذر و داخله تقدر بحوالي مائة مللي فولت و هذا الفرق تبين فيما بعد بأنه غير كافي لحركـة الماء•

• قياس الضغط الجذري :

يمكن قياس مقدار الضغط الجذري لأغلب النباتات باستعمال مانوميتر حيث يقطع ساق النبات قرب سطح التربة و يوصل بأنبوب مطاط يتصل بالمانوميتر . يندفع الماء داخل الأنبوب فيرتفع الزئبق في أنبوبة المانوميتر و من حساب الفرق بين عمودي الزئبق يمكن حساب الضغط الجذري.

ثانيا): الامتصاص السلبي :

١- نظرية التماسك و الشد **Cohesion –Tension theory**

ولوأن الضغط الجذرى يساعد فى رفع الماء من الجذر الى الأوراق لكنة لا يعتبر القوة الأساسية المحركة للماء فالقوة المحركة للماء هى النتح والدليل على ذلك تلازم عمليتا الامتصاص والنتح وهذه القوة تتكون فى الأجزاء الخضرية وينتقل تأثيرها الى الجذور ويساعد فى ذلك قوة تماسك جزيئات الماء Cohension وقوة التصاقها بالخشب Adhesion ويمكن تفسير آلية الامتصاص السلبى كالتالى:-

يتبخر الماء من الأوراق لان الجهد المائى للهواء المحيط بانورقة يكون قليلا (اكثر سلبيا)، وعندما يتبخر الماء من خلايا الأوراق ويقل جهدها المائى فتتحرك نتيجة ذلك جزيئات الماء من الخلايا المجاورة حيث أن الماء يحاول موازنة جهده وينتقل التأثير من خلية الى أخرى حتى يصل إلى العروق الورقية فيقل لماء فى هذه العروق نتيجة حركته الى الخلايا وعندما يقل فى انعروق يتخلخل الضغط فيحدث Tension على جزيئاته وهذا الشد مشابه للشد الذى يحصل خيط من الجزيئات عند سحب أحد اطرافة ونتيجة للشد الحاصل على جزيئات الماء فى عروق الورقة يتحرك اليها الماء من العروق الأكبر حتى يصل التأثير الى خشب الساق ثم خشب انجذر وحتى الخلايا الحية من الجذر ثم الى سطح الجذر وعلى سطح الجذر تتماسك جزيئات الماء مع الجزيئات الموجودة فى محلول التربة وعلى هذا فان الجهد المائى يقل تدريجيا من التربة وحتى خلايا الورقة عندما يكون النتح مستمرا.

وهنا يتبادر للذهن سؤالا فى أنة إذا كانت جزيئات الماء تسحب من أعلى بشكل سلسلة فهل يتحمل عمود الماء هذا الشد دون انفصال جزيئات الماء عن بعضها ؟حيث ان انكسار عمود الماء يعنى موت النبات.

يعتمد مقدار الشد الواقع على عمود الماء على ارتفاع النبات فالشد الواقع علـى جزيئات الماء فى شجرة ارتفاعها ١٣٠م يبلغ (١٣ بار) هذا بالاضافة الى الشد الناتج عن مقاومة خشب الساق والأوراق والخلايا ولهذا فان الشد الواقع قد يصل الـى(⁻٢٦ بار) بمعنى آخر أن هناك قوة سحب تحاول فصل جزيئات الماء عن بعضها الـبعض وهذه القوة تعادل ٢٦بار فهل تتحمل الرابطة الموجودة بين جزيئات الماء هذه القـوة؟ تختلف القوة التى تربط جزيئات الماء مع بعضها Cohesion باختلاف قطر الأنبـوب فكلما قل قطر عمود الماء (قطر الأنبوب) زادت القوة التى ترتبط بها الجزيئات . ولقد وجد بالتجربة العملية ان قوة ارتباط الجزيئات مع بعضها فى أنبوب قطرة ٠،٥ مم تبلغ – 2. بار، وقطر أوعية وقصيبات الساق أقل بكثير من ٠٥ مم لهذا فان قـوة ارتبـاط جزيئات الماء فى أوعية الساق قد تصل لاكثر من ⁻٣٠٠بار.

لقد أصبح واضحا أن الامتصاص النشط يحدث عرضيا نتيجة الفرق في الجهـد الاسموزي بين الجذر و محلول التربة . الامتصاص النشط لا يشكل أهمية كبيرة فـي امتصاص الماء في معظم النباتات وذلك للأسباب التالية:

١⁻ يتكون الضغط الجذري في ظروف معينة من درجة حرارة و رطوبة.

٢⁻ أن كمية الماء الناتجة عند قطع الساق و المدفوعة بالجذر قليلة قياسا الي الكميات التي يفقدها النبات بالنتح و هذه الكمية وجد انها لا تتعدى ٥% من الماء المفقـود بالنتح في نباتات الطماطم.

٢⁻ تمتص النباتات الماء عند وضع جذورها في محاليل يزيد تركيزها عـن تركيـز محلول الجذر عندما يكون النتح مستمرا ؛ يتوقف دخول الماء عند قطع الساق . و لقد وجد أن النبات يمكنه امتصاص من محاليل يصل جهدها الاسموزي الي سالب

١٤٠٦ بار بينما لايتمكن الجذر الذي فصل من الجزء الخضري من امتصاص الماء من محاليل جهدها الاسموزي سالب ١٠٩ بار.

٤- هناك العديد من النباتات لا تكون ضغط جذري واضح مثل الصنوبريات.

٥- أن الضغط الذي يكونه الجذر يتراوح من ١-٣ بار و هذا الضغط غير كافي لصعود الماء الي قمم الأشجار المرتفعة.

٦- لوحظ أن امتصاص الماء من قبل الجذور يزداد عند موت الجذور في بعض النباتات حتى يستمر النتح من أجزائها الخضرية و يعود سبب ذلك الي قلة المقاومة التي تبديها الجذور الميتة لحركة الماء المسحوبة من الأوراق بالنتح.

٧- إذا كان الضغط الجذري كافيا لرفع الماء الي الأعلى فان ضغط الماء داخل خشب الساق يكون موجب و يندفع نتيجة ذلك الي الخارج عند قطع الساق ولكن الواقع غير ذلك فالماء داخل النبات واقع تحت شد كبير ويمكن الاستدلال علي ذلك بقطع الساق بأحد النباتات بعد غمره في محلول من صبغة ملونة يلاحظ صعود الماء الي الجزئين العلوي و السفلي للساق مما يدل علي وجود تخلخلا في الضغط داخل الساق.

٨- لقد ثبت أن المجاميع الخضرية المقطوعة التي أطرافها في الماء تستطيع امتصاص الماء من الجزء المقطوع لفترة طويلة.

٩- تقلص سيقان الأشجار عندما يكون النتح سريعا يدل علي حدوث ضغط سالب داخل الساق.

١٠- يزداد امتصاص الماء في جذور الأشجار المسوبرة التي حدث فيها تشقق أو جروح التي تكثر فيها العديسات.

كل الأدلة السابقة تشير الي أن القوة المحركة للماء في النبات هي النتح و هنا لا نريد ان نقلل من أهمية الجذر في امتصاص الماء فالجذر يوفر للنبات سطح امتصاص واسع كما أن النموات الجذرية التي تضاف كل يوم تشكل أهمية بالغة في التفتيش عن أماكن جديدة من التربة يكثر فيها الماء و الأيونات.

العوامل المؤثرة علي امتصاص الماء :

يمكن تقسيم العوامل المؤثرة علي امتصاص الماء الي:

أ – عوامل التربة:

١ – توفر الماء (تيسر الماء) :

ان الماء الميسر للنبات هو الماء الذي تحتويه التربة بين السعة الحقلية ونقطة الذبول و تعتمد كمية الماء المتوفرة علي تركيب التربة و عموما تكون هذه الكمية كبيرة في التربة الثقيلة و قليلة في التربة الرملية.و الجهد المائي لماء التربة عند السعة الحقلية يساوي سالب 1/3 بار تقريبا و يقل هذا الجهد كلما قلت نسبة الماء في التربة وذلك لزيادة شد الماء و التصاقه بحبيبات التربة .و يقل امتصاص الماء كلما قل الماء عن السعة الحقلية.

٢– درجة الحرارة:

يلاحظ أن النبات يمتص كمية قليلة من الماء عند درجات حرارة التربة المنخفضة و يرجع ذلك العوامل التالية:

- قلة نمو الجذور وتفرعاتها.
- انخفاض سرعة حركة الماء من التربة الي الجذر .

- زيادة مقاومة الجذور حيث تقل نفاذية أغغـة خلايـا الجـذور و تـزداد لزوجـة البرتوبلازم.

- تزداد لزوجة الماء في درجات الحرارة المنخفضة حيث تصل الضعف عندما تقـل درجة الحرارة من ٢٥ مئوية الي الصفر. ويقل امتـصاص العنصـر والأيونـات المختلفة عندما تقل درجة الحرارة فيقل دخول الماء بفرق الأسموزية.

٣- التهوية :

تزداد سرعة امتصاص الماء في التربة جيدة الصرف حيـث أن قلـة تركيـز الأكسجين و زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون يؤدي الى زيادة مقاومة الجذور لـدخول الماء للأسباب التالية:-

- تزداد لزوجة البرتوبلازم و تقل نفاذية الغشاء الخلوي لزيادة تركيز ثـانى أكـسيد الكربون

- قلة التفرعات الجذرية و النمو الجذري.

- تقل فاعلية الخلايا الجذرية فيقل الضغط الجذري.

٤- تركيز محلول التربة :

تمتص الجذور الماء نتيجة فرق الجهد بين التربة و الجذر . و الجهد المائي لماء التربة هو محصلة الجهد الاسموزي لمحلول التربة و الجهد الحبيبي الناتج من جـذب حبيبات التربة للماء. وعليه فزيادة تركيز محلول التربة تعني قلة الجهد الاسموزي و قلة الجهد المائي الكلي لمحلول التربة و بالتالي قلة حركة الماء باتجاه الجذر و صعوبة امتصاصه . ان سرعة دخول الماء الي الجذر تعتمد علي فرق الجهد بـين التربـة و الجذر ،وهو ما يسمي بانحدار الجهد G و كلما كان هذا الفرق كبيـرا زادت سـرعة الامتصاص (في حدود معينة). و يتوقف الماء عن الدخول إذا تساوي الجهـد المـائي

للتربة مع الجهد المائي للجذر و قد يتحرك الماء من الجذر الي التربة إذا زاد الجهــد المائي للجذر عن الجهد المائي للتربة و هذا ما يحدث عند ري النباتات بمحلول ملحي مركز·

وتسبب إضافة الأسمدة أحيانا قلة امتصاص الماء وظهور علامات الذبول علــي الأوراق و ذلك لزيادة تركيز الأيونات و قلة الجهد الاسموزي لمحلول التربـــة· وهــذا الانخفاض في الجهد الاسموزي الناتج عن إضافة الأملاح نادر الحدوث في الحقل و إذا حدث فانه يكون في طبقة التربة السطحية بعد وضع السماد مباشرة فالأيونات المذابــة سوف تنتشر بسرعة في محلول التربة· إلا أن ظاهرة ذبول النباتات المزروعــة فــي الأصص بعد إضافة الأسمدة أمر مألوف· بالإضافة الي تأثير الأملاح في تقليل الجهــد الاسموزي فأنها تسبب قلة امتصاص الماء نتيجة التأثير المباشر علي خلايا الجذور من الأيونات المؤثرة CL^- , So_4^{--} , K^+ حيث تؤثر هذه الأيونات علي فعالية خلايا الجذور كما قد تؤثر هذه الأيونات في غلق الثغور و عملية البناء الضوئي·

٥ـ التوصيل المائي للتربة (التوصيل الهيدروليكي):

تختلف سرعة حركة الماء في التربة باختلاف نوع التربة فالتوصيل الرطــوبي للتربة الرملية أقل من التوصيل الرطوبي للتربة الطينية· و تؤثر حركة الماء في التربة علي سرعة إمداد الجذور بالماء من مناطق بعيدة بعد نفاذها من محيط الجذر· وحركة الماء باتجاه الجذور تتم نتيجة فرق الجهد فالجذر يمتص الماء من حبيبات التربة القريبة منه فيقل جهدها المائي فيندفع الماء من مناطق التربة المجاورة و نتيجــة لامتــصاص الماء من قبل الجذور ومقاومة التربة تنشأ حول الجذر مناطق مدرجة الجهد وعمق هذه المسافة علي سرعة امتصاص الماء والتوصيل الرطوبي للتربة فكلما كان النتح سريعا والتوصيل الرطوبي بطيئا زاد عمق هذه الطبقة·

ب ـ عوامل بيئية :

تتناسب كمية الماء الممتصة تناسبا طرديا مع كمية الماء المفقودة بالنتح إذا كانت رطوبة التربة عاملا غير محدد. و من أهم العوامل التى تؤثر علي سرعة النتح و بالتالي تلعب دورا هاما في سرعة الامتصاص هي:

١ - شدة الإضاءة　　　　٢ - درجة حرارة الهواء
٣ - الرطوبة النسبية　　　　٤ - سرعة الرياح

ج - صفات المجموع الجذري:

١ - تعمق الجذور و انتشارها:

تختلف جذور النباتات اختلافا كبيرا من حيث عدد التفرعات و انتشارها و العمق الذي تصل إليه . تمتص جذور النباتات معظم الماء من أطراف الجذور الحديثة النمو و يقل الامتصاص من مناطق الجذور المتصلبة و تزداد أهمية انتشار الجذور و تعمقها في الأراضي ذات التوصيل الرطوبي المنخفض عنها في ذات التوصيل الرطوبي الجيد . و عندما يقل الماء في إحدى مناطق التربة في إحدى مناطق التربة تمتص الجذور الماء بسرعة من مناطق التربة الرطبة لسد النقص وعموما يمتص الماء من الطبقة السطحية للتربة أولا ثم تدريجيا لاسفل في النباتات الحولية أما في لنباتات المعمرة فان امتصاص الماء قد يتم من مناطق مختلفة و للعمق الذي يصل اليه الجذر تأثير كبير في مقاومة النبات للجفاف بالنباتات ذات الجذور السطحية تتعرض للجناف حال نفاذ الماء من الطبقة السطحية كما أنها تعاني من الشد بعد أجراء العزق الذي يؤدي الي قطع تفرعات الجذر السطحية.

٢ - نفاذية الجذر:

حيث أن الجذور تختلف من حيث التركيب فأنها لابد أن تختلف من حيث النفاذية و لما كانت نفاذية أطراف الجذر أكثر من قاعدته فان المجاميع الجذرية ذات العدد الكبير من الأطراف ذات نفاذية عالية كما تختلف النفاذية باختلاف عمر الجذور و الظروف البيئية المحيطة.

٣- اختلاف فعالية الجذر:

تختلف الجذور في قابلية امتصاصها للأيونـــات ومقاومتهـــا للظـــروف البيئيـــة المحيطة ، ترجع هذه الاختلافات لعوامل وراثية . بعض الجذور ذات قابليـــة عاليـــة لجمع الأيونات من مناطق التربة المختلفة وتجمع الأيونات في الجـــذر يـــساعد علـــي امتصاص الماء النشط و يزيد من فرق الأسموزية بين الجذر ومحلول التربة كمـــا أن الجذور تختلف في مقاومتها للظروف السائدة كما تختلف جذور النباتـــات مـــن حيـــث تأثرها بسرعة التهوية و درجات الحرارة غير الملائمة فجذور الصفصاف يمكنها القيام بفعاليتها المختلفة و هي مغمورة بالماء.

د- صفات المجموع الخضري:

كل صفات المجموع الخضري التي تؤدي لزيادة النتح تؤدي الي زيادة سرعة امتصاص الماء حيث أن العمليتين مترابطتين تماما و عموما تزداد سرعة امتصاص الماء كلما زادت نسبة المساحة السطحية للجزء الخضري الي المساحة السطحية للجذورلأن المساحة الخضرية تمثل سطح الفقد و معظم الماء الداخل الي النبات يجد طريقه عبر الجذور.

مراجع مختارة .

1- Bacic, G. and Ratkovic, S. (1984): Water exchange in plant tissuestudied by proton NMR in the presence of paramagnetic centers. Biophys. J. 45· 767-776

2- Badelt, K.; White, R. G.; Overall R. L. and Vesk, M. (1994): Ultrastructural specialisations of the cell wall sleeve around plasmodesmata. American Journal of Botany. 81: 1422–1427.

3- Balachandran, S.; Xiang, Y.; Schobert C.; Thompson G. A. and Lucas, W. J. (1997): Phloem sap proteins from Cucurbita maxima and Ricinus communis have the capacity to traffic cell to cell through plasmodesmata. Proceedings of the National Academy of Science, USA 94: 14150–14155.

4- Balu˘ska, F.; Cvrckova, F.; Kendrick-Jones, J. and Volkmann, D. (2001): Sink plasmodesmata as gateways for phloem unloading. Myosin VIII and calreticulin as molecular determinants of sink strength? Plant Physiology. 126: 39–46.

5- Baluska, F.; Samaj J.; Napier R. and Volkmann, D. (1999): Maize calreticulin localizes preferentially to plasmodesmata in root apex. Plant Journal. 19: 481–488.

6- Beebe, D. U. and Turgeon, R. (1991): Current perspectives on plasmodesmata: structure and function. Physiologia Plantarum. 83:194–199.

7- Blackman, L. M. and Overall, R. L. (2001): Structure and function of plasmodesmata. Australian Journal of Plant Physiology. 28: 709– 727.

8- Blackman, L. M., Harper, J. D. I. and Overall R. L. (1999): Localization of a centrin-like protein to higher plant plasmodesmata. European Journal of Cell Biology. 78:297–304.

9- Botha, C. E. J. and Cross, R. H. M. (2000): Towards reconciliation of structure with function in plasmodesmata – who is the gatekeeper? Micron. 31:713–721.

10- Boyer, J. S. (1969): Measurement of the water status of plants. Ann Rev Plant Physiol. 20: 351 - 364.

11- Cantrill, L. C., Overall R. L. and Goodwin, P. B. (1999) Cell-to-cell communication via plant endomembranes. Cell Biology International. 23: 653–661.

12- Cantrill, L. C.; Overall R. L. and Goodwin, P. B. (2001): Changes in symplastic permeability during adventitious shoot regeneration in tobacco thin cell layers. Planta. 214: 206–214.

13- Canny, M. (1998): Transporting water in plants. Amer. Scientist. 86: 152 - 159.

14- Cleland, R. E.; Fujiwara, T. and Lucas, W. J. (1994): Plasmodesmal mediated cell-to-cell transport in wheat roots is modulated by anaerobic stress. Protoplasma. 178: 81–85.

15- Colire, C. E.; Le Rumeur J.; Gallier, J. de Certaines and Larher, F. (1988): An assessment of proton magnetic resonance as an alternative method to describe water status of leaf tissues in wilted plants. Plant Physiol. Biochem. 26: 767-776.

16- Hebrank, M. R. (1997): Reduce confusion about diffusion. American Biology Teacher 59: 160.

17- Hills, B. P. and Duce, S. L. (1990): The influence of chemical and diffusive exchange on the water proton transverse relaxation in plant tissues. Magn. Reson. Imaging. 8: 321-331

18- Odom, A. L. (1995): Secondary and College Biology Students' misconceptions about diffusion & osmosis. American Biology Teacher 57: 409 - 415

19- Reinders, J. E. A.; Van As H.; Schaafsma T. J.; de Jager, P. A., and Sherrif, D. W. (1988): Water balance in Cucumis plants, measured by NMR. J. Exp. Bot. 39: 1199-1210.

20- Van As, H.; T. J., Schaafsma and Blaakmeer, J. (1986): Applications of NMR to water flow and balance in plants. Acta Hort. 174: 491-495.

21- Van Bel, A. J. E. and Knoblauch, M. (2000): Sieve element and companion cell: the story of the comatose patient and the hyperactive nurse. Australian Journal of Plant Physiology. 27: 477–487.

22- Van Bel, A. J. E. and Van Rijen, H. V. M. (1994): Microelectrode recorded development of the symplasmic autonomy of the sieve element / companion cell complex in the stem phloem of Lupinus luteus L. Planta. 192: 165–175.

23- Vogel Steven. (1994): Dealing Honestly with diffusion. American Biology Teacher. 56: 405-407.

24- Wheatley, D. (1993): Diffusion theory in biology: its validity and relevance. Journal of Biological Education. 27: 181-187.

25- Zuckerman, J. T. (1994): Problem solvers conceptions about osmosis. American Biology Teacher. 56: 22-25.

الفصل الخامس

النفاذية

Permeability

مقدمة

يستعمل لفظ النفاذية ليدل على قابلية الأغشية للسماح للمواد المختلفة بالمرور خلالها ومن المعروف أن لكل خلية نباتية حية نوعين من الأغشية أحدهما الجدار الخلوى وثانيهما الأغشية البلازمية فبينما يسمح الجدار الخلوى غالبا بمرور الماء والأملاح الذائبة فيه فان الأغشية البلازمية تسمح للماء وبعض الذائبات بالمرور خلالها وتعوق أو تمنع نفاذ بعضها الآخر ولذلك فإن الأغشية البلازمية تتمتع بخاصة النفاذية الانتخابية Selective permeability.

إنفاذ الخلايا للماء :

ينقل الماء من خارج الخلايا النباتية الى داخلها وبالعكس فى يسر وسهولة لصغر جزيئاته وعظم طاقتها الحركية.

إنفاذ الغازات :

تنفذ الغازات خلال أغشية الخلية بسرعة فائقة فيمكن مشاهدة تصاعد الأكسجين نتيجة لعملية التمثيل الضوئى من خلايا نبات الألوديا مثلا بمجرد تعرضها للضوء وكذلك تمتص الخلايا الخضراء غز ك أ٢ بسرعة . تنفذ أيضا بعض الغازات الأخرى بسرعة وتسبب أضرارا للبروتوبلازم مثل ك أ ، ن يد٣ .

نفاذية الذائبات خلال الغشاء البلازمى :

هناك عدة عوامل تتحكم فى نفاذية الذائبات خلال الغشاء البلازمى ومن أهمها

١ - حجم جزيئات المادة :

هناك نظرية يطلق عليها اسم النظرية الغربالية تفترض ان الغشاء البلازمى يشبة لغربال فى تركيبه وتوجد فى هذا الغشاء فتحات دقيقة لا تسمح لجزيئات اى مادة بالنفاذ خلالها الا اذا اتسعت لها هذه الفتحات وتستند هذه النظرية الى بعض الحقائق

العلمية اذ انه من المعروف أن الأغشية الصناعية كالبارشمنت لا تسمح بالنفاذ خلالها الا للمواد التى تتسع لها ثقوبها وهذا بالتالى يتوقف على حجم دقائق المادة التى تنفذ ، غير هذه النظرية تعجز عن تفسير بعض الحالات ذلك أن الغشاء البروتوبلازمى تزداد نفاذيته فى بعض الاحيان بازدياد حجم جزيئات المادة فمثلا وجد أن الغشاء البلازمى لا ينفذ جزيئات الأحماض الأمينية وينفذ جزيئات شبة القلويات كمركبات الكينين والنيوكتين رغم ان حجم جزيئات المواد الاخيرة اكبر من حجم جزيئات الاحماض الأمينية٠

٢ - درجة ذوبان المادة فى الدهون:

يطلق على النسبة بين درجة ذوبان اى مادة فى الدهون الى درجة ذوبانها فى الماء اسم معامل التجزئة أى أنه اذا ذابت مادة فى مادة دهنية ولم تذب فى الماء ففى هذه الحالة تكون ذات معامل تجزئة عالى وقد دلت التجارب على ان هناك تناسبا طرديا بين درجة نفاذية المادة ومعامل تجزئتها اى انه كلما كانت المادة قابلة للذوبان فى الدهون كلما نفذت داخل الخلية بسهولة وقد تمت دراسات وسعة النطاق على درجة نفاذية كثير من الكحولات خلال اغشية الخلية وقد أوضحت النتائج أن الكحولات ذات الوزن الجزيئى الكبير و السريعة الذوبان فى الدهون كانت أسرع فى النفاذية رغم كبر حجم جزيئاتها لأنها كما سبق القول ذات درجة ذوبان عالية فى الدهون و لكن يجب أن لا يفهم من هذا أن حجم جزيئات المادة ليس له أى تأثير على النفاذية فقد ثبت من التجارب أن المواد ذات معاملات تجزئة متساوية ولكن تختلف فى أوزانها الجزئية فان درجة نفاذيتها خلال الأغشية البلازمية تزداد بانخفاض أوزانها الجزيئية ٠

٣ - تدرج التركيز :

إذا ما اتيحت لمادة ما حرية الحركة خلال غشاء فان معدل هذه الحركة يتوقف على الفرق بين درجة تركيز هذه المادة على جانبى الغشاء وذلك فى حالة ما اذا كانت جميع العوامل الأخرى ثابتة وهذا ما يطلق علية تدرج التركيز وهذا يتبع الظاهرة

الطبيعية للانتشار وكلما ازداد معدل حركة المواد كلما اتيحت لها الفرصة لنفاذية أسرع خلال الغشاء ويزداد هذا المعدل كلما ازداد الفرق بين تركيزى المادة على جانبى الغشاء حيث يكون معدل نفاذية الجزيئات من الجانب الأكثر تركيزا فى المادة خلال الغشاء أعلى من معدل نفاذية نفس المادة من الجانب الأقل تركيزا فى المادة.

نفاذية الأيونات خلال الغشاء البلازمي :

هناك عامل آخر يتحكم في النفاذية هو الشحنه الكهربائية وقد دلت التجارب العديدة عل انه كلما كانت الشحنة التي يحملها الأيون أقوى كلما كانت درجة نفاذية الأيون أبطء وهذا يعني أن الالكتروليتات الضعيفة التاين تنفذ خلال الخلية بمعدل أسرع من الالكتروليتات القوية التأين ويتبع هذا أيضا أن الأيونات أحادية التكافئ مثل الصوديوم والبوتاسيوم تنفذ خلال الخلية بمعدل أسرع من الأيونات ثنائية التكافؤ مثل الكالسيوم والمغنسيوم اوثلاثية التكافؤ كالحديد والالمونيوم ولم يعرف حتى الأن تفسير هذه لظاهرة ويجب أن نشير هنا الى أن البروتينات تحمل شحنات موجبة واخرى سالبة وكذلك الفسفوليبيدات فان لها نفس الخاصية وعلى ذلك فان الغشاء البلازمي لمكون من البروتينات وفسفوليبيدات يمثل كحاجز يحمل كلا من الشحنتين وعلى ذلك عند ترك أيون يحمل شحنه خلال الغشاء البلازمي فأنه سيكون هناك تجاذب نحو جزء لبروتين او الفسفوليبيدات التي تحمل شحنه مضادة وهذا بدوره يعرقل معدل النفاذية وفي نفس الوقت فانه هناك شحنات مماثلة يتحتم أن ينتج عنها تنافر مع شحنة الأيون والسؤال الأن لماذا لا يتعادل التجاذب والتنافر وبالتالي يمكن للأيونات المرور خلال الغشاء البلازمي بدون اي تعويق لها وقد درس على نطاق واسع حركة الصوديوم والبوتاسيوم خلال الأغشية البلازمية ووجد أن البوتاسيوم ينفذ خلالها بمعدل أسرع من الصوديوم رغم أن كلاهما يحمل نفس الشحنه وتفسير ذلك أن لخاصيه التميؤ اثر في ذلك فكلما ذاد سمك الغشاء المائي حول الأيون وبالتالي ذاد قطره كلما قلت درجة نفاذيتة وفي هذا المثال يكون قطر أيون البوتاسيوم أصغر من قطر أيون الصوديوم عندما يكون كلاهما في حالة تميؤ .

وجدير بالذكر أن درجة نفاذية الغشاء البلازمي غير مستقرة فهى في تغير دائم وهذه ظاهرة طبيعية في الخلايا النشطة · وبعض هذه التغيرات ترجع الى أسباب داخلية ترجع الى تغيرات تطرا على الغشاء البلازمي نفسه فكثيرا ما يكون غشاء خلية ما اكثر نفاذية لبعض المواد في أحد أجزائه منها في اجزاء اخرى · وبعد وقت قليل تنعكس الآية من حيث المناطق التي تكون أكثر نفاذية في الغشاء ولنفس المواد · ولذا يطلق على الغشاء البلازمي أنه غشاء منفذ اختياري أي يسمح بمرور البعض الاخر · وهو في ذلك يختلف عن الغشاء شبه المنفذ الذي يسمح بمرور كل الجزيئات ما دامت تقل في أقطارها عن أقطار ثقوبه ·

نفاذية الخلايا للمواد الذائبة غير القابلة للتأين (الذائبات العضوية):

تنفذ هذه المواد خلال الأغشية البلازمية تبعا لقوانين الانتشار أى تنتشر من الوسط ذو التركيز الأعلى الى الوسط ذو التركيز المنخفض الى أن تحدث حالة إتزان أى يتساوى التركيز على جانبى الغشاء·

ولقد وجد أن بعض المواد كالكحول الميثيلى تنفذ الى داخل الخلايا بدرجة كبيرة على حين تنفذ بعض المواد الأخرى كالجليسرين والسكر ببطء شديد ويرجع ذلك التفاوت فى نفاذية هذه المواد الى:

١- إختلاف ذوبان هذه المواد فى الزيت فالمواد التى تمتزج بالمواد الزيتية بدرجة أعلى هى التى تنفذ الى داخل الخلايا بسرعة ويمكن تفسير ذلك عند معرفة أن الأغشية البلازمية تتكون من مواد دهنية معقدة·

٢- الاختلاف فى حجم الجزيئات فالصغيرة أسرع نفاذا من الكبيرة التى لها نفس درجة الذوبان فى الزيت· فهى لاتمر خلال الأجزاء الدهنية فحسب بل تمر خلال الثقوب الصغيرة الموجودة بين الجزيئات الدهنية المكونة للأغشية البلازمية·

نفاذية الخلايا للمواد الذائبة القابلة للتباين (الذائبات غير العضوية):

تنفذ الأملاح وغيرها من المواد القابلة للتأين خلال الأغشية البلازمية على هيئة أيونات مختلفة (كاتيونات وأنيونات) تدخل باستقلال تام عن بعضها البعض. فقد تمتص الخلية أحد أيونى الملح بكمية أكثر ولايمكن أن يحدث ذلك دون أن يصبح الاتزان الكهربائى صحيحا أى دون أن يحل محل هذه الزيادة الممتصة أيون آخر له نفس الشحنة وكميتها وهناك إحتمالان لحدوث هذا الاحلال:

- ١- يتأين الماء ويحل أحد أيوناته محل الزيادة الممتصة من المحلول الخارجى على حين يصحب أيونه الآخر الأيونات الزائدة التى تدخل الخلية.
- ٢- تخرج من الخلية كمية من الايونات لها نفس وقيمة شحنة الأيونات الممتصة. فنيترات البوتاسيوم KNO_3 مثلا تدخل الخلية على أية صورة من الصور الثلاث الآتية:

أ. تدخل الكاتيونات K^+ والأنيونات NO_3^- فى نفس الوقت.

ب. تدخل على حساب تأين بعض جزيئات الماء وذلك فى صورة مجموعات متباينة مثل $H^+NO_3^-$ وفى هذه الحالة يبقى فى المحلول الخارجى أيون OH^- ليحل محل أيون NO_3^- الممتص. K^+OH^- وفى هذه الحالة يبقى أيون H^+ ليحل محل أيون K^+ الممتص.

ج. تدخل عن طريق تبادل الأيونات بين الخلية والوسط الخارجى فإذا أمتص أيون NO_3^- خرج بدلا منه أيون يحمل نفس الشحنة وكميتها مثل أيون HCO_3^- واذا دخل أيون K^+ خرج من الخلية بدلا منه Na^+ مثلا.

وتتميز الخلايا بقدرتها على الامتصاص الانتخابى للأيونات التشابهة فقد وجد Collander عام ١٩٤١ أن النباتات المختلفة التى نمت فى مزرعة مائية امتصت أيون K^+ أكثر من أيونات Mg^{++}, Ca^{++}, Na^+ بينما امتصت أيون الصوديوم بدرجة قليلة جدا . ويمكن القول اجمالا أن الكاتيونات احادية التكافؤ مثل NH_4^+, K^+ تمتص أكثر من الكاتيونات ثنائية التكافؤ مثل Mg^{++}, Ca^{++} وبالمثل تمتص الأنيونات Br^-, NO_3^- أكثر من الأنيونات عديدة التكافؤ مثل SO_4^{--} .

حركة الايونات والجزيئات خلال الغشاء البلازمي بواسطة النقل النشط :

ذكر فيما سبق أن مرور الذائبات والأيونات خلال خلال الغشاء البلازمي في الخلية تتوقف على بعض العوامل مثل حجم جزيئات المادة او الأيون ودرجة ذوبانها في الدهون وتدرج التركيز والشحنة الكهربائية التي تحملها الأيونات · ومثل هذه النفاية لا تتطلب أي طاقة لمساعدتها على النفاية كما أن الغشاء البلازمي لا يتدخل في الانتقال لأنها تنتقل خلاله بواسطة قوانين طبيعية ويطلق على هذه النفاية عملية النقل السلبى ·

ولكنه في حالات كثيرة وجد أن أنتقال بعض المواد والأيونات ضد تدرج التركيز او ضد التجاذب الكهربائي ، ولكي يمكنها القيام بذلك لابد من طاقة تستهلك في هذه العملية ويطلق على عملية النقل هذه اسم لنقل النشط ، وتفترض هذه النظرية أن جزئ أو أيون أي مادة لكي تنفذ خلال الأغشية البلازمية لابد وأن تتحد اتحادا كيميائيا مع بعض المواد الموجودة في الناحية الخارجية للغشاء ويطلق على كل من هذه المواد اسم الحامل ويلزم لهذا الاتحاد الطاقة السابق الاشارة اليها ونتيجة لهذا الاتحاد الكيميائي تتكون مادة وسطية تستطيع أن تنتقل خلال الغشاء ثم تنفصل هذه الجزيئات أو الأيونات بمجرد وصولها الى الناحية الداخلية للغشاء نتيجة لتفاعل كيميائي أخر ولذا تستطيع المادة أن تنتقل الى داخل الخلية عبر الغشاء السيتوبلازمي · والمواد التي تنقل بواسطة الحوامل متعددة فمنها مواد غير عضوية وايضا مواد كربوايدراتية· كما ان طريقة النقل النشط حساسة لدرجة كبيرة لغياب الاكسجين حيث ان نقص الاكسجين يضعف من درجة نفاذية المواد بهذه الطريقة (انظر موضوع التغذية المعدنية للنباتات)·

العوامل التى تؤثر على النفاذية :

١ – درجة الحرارة :

تزداد نفاذية الخلايا النباتية بارتفاع درجة الحرارة من صفر الى ٥٠م° وهى الدرجة التى تفقد عندها الخلايا حيويتها تقريبا فاذا رفعت درجة الحرارة بعد ذلك فقد

البروتوبلازم حيويته وفقد تحكمه فى نفاذية المواد وفى هذا المجال الحرارى تكون الزيادة فى النفاذية عكسية بمعنى أنها تعود الى حالتها الطبيعية بالتبريد.

إذا رفعت درجة الحرارة بعد ذلك (أى مابعد ٥٠ °م) زادت النفاذية زيادة سريعة غير عكسية أى أن التبريد لايعيد نفاذيتها الى ماكانت عليه وتصبح النفاذية مطلقة ويرجع ذلك الى تجميع البروتوبلازم تجمعا غير عكسى كما يحدث عند تسخين زلال البيض ، وتعرف درجة الحرارة التى يهلك عندها البروتوبلازم بالدرجة المميتة. ترجع هذه الزيادة فى النفاذية الى الزيادة فى الطاقة الحركية للجزيئات المنتشرة من جهة الى تغيرات طبيعية فى البروتوبلازم كانخفاض اللزوجة التى تصحب ارتفاع درجة الحرارة .

ويمكن ملاحظة التطور فى النفاذية إذا أخذنا بعض أقراص البنجر التى تحتوى على صبغ الانثوسيانين فى خلاياها ولاتسمح له بالنفاذ الى الخارج فى الظروف العادية ثم غسلت هذه الأقراص وضعت فى ماء مقطر فيمكن أن نلاحظ إذا سخنت هذه الأقراص فى الماء أن الأخير يتلون باللون الأحمر تدريجيا ، وكلما اقتربت درجة الحرارة من الدرجة المميتة زاد تلون الماء تبعا لزيادة نفاذية الأغشية البلازمية للصبغ فاذا ماجاوزت درجة الحرارة ٥٠°م تقريبا فان الصبغ يتدفق الى الخارج بسرعة ويستمر كذلك حتى بعد اعادة الاقراص الى ماء مقطر بارد . ولدرجات الحرارة المنخفضة تأثير مشابه لدرجات الحرارة المرتفعة على النفاذية أى انها تسبب زيادتها زيادة غير عكسية ويعزى ذلك الى تأثير الثلج فى اتلاف حالة البروتوبلازم الغروية وفقده كل الخواص العادية فتكون الثلج فى المسافات البينية يؤدى الى استخلاص الماء من الخلايا وزيادة تركيز العصير الخلوى بينما يفقد البروتوبلازم ماءه تدريجيا .

٢- الضوء :

تزداد نفادية الغشاء البروتوبلازمي للماء وكذلك لجزيئات وأيونات المواد الذائبة فيه فى الضوء وتنقص فى الظلام. وتختلف تأثيرات أشعة الطيف المختلفة فىتأثيرها على

النفاذية فالضوء الأحمر وهو أطول أمواج الطيف أقلها تأثيرا على النفاذية بينما نلاحظ أن الطيف البنفسجى وهو أقصر أمواج الطيف وأكثرها تأثيرا على النفاذية فيزيدها·

٣- المواد السامة :

للمواد السامة كالأثير والكلوروفورم تأثير كبير على النفاذية وذلك لتركيز هذه المواد فى بيئة النبات فالتركيزات القليلة تقل نفاذية الغشاء البروتوبلازمى وهذا التأثير عكسى أما التركيزات العالية فانها تسبب خفضا مبدئيا مؤقتا يتبعه زيادة غير عكسية فى النفاذية يتبعها موت الخلايا وهذه المواد بالاضافة الى فعلها كمذيبات لبعض أطوار السيتوبلازم تعمل على خفض توتر السطح الفاصل بين السيتوبلازم والمحلول الخارجى المنغمسة فيه الخلية ، وقد يؤدى ذلك الى احداث تغيرات فى الأغشية البلازمية تفقدها خواصها الفسيولوجية·

٤- المواد الذائبة فى بيئة النبات:

قام سترهاوت Osterhout بأبحاث كثيرة دلت على أنه اذا أحيطت الخلايا بمحلول يحتوى على كاتيونات أحد العناصر أحادية التكافؤ مثل Na^+, K^+ فان ذلك يؤدى الى زيادة فى النفاذية وقد تؤدى هذه الزيادة الى موت الخلايا اذا استطالت مدة بقائها فى المحلول·

أما الأملاح ذات الكاتيونات ثنائية أو ثلاثية التكافؤ Ba, Sr, Mg, Fe, Al فانها تؤدى الى انخفاض مبدئى فى نفاذية الأغشية البلازمية ويكون ذلك متبوعا بزيادة فى النفاذية وقد تؤدى هذه الزيادة فى النفاذية الى موت الخلايا · أما بالنسبة لتأثير الأنيونات فقد وجد أنها جميعا تسبب زيادة فى النفاذية وكلما كان التكافؤ أكبر كان التأثير أكثر وضوحا· مثل هذه المحاليل تعرف بالمحاليل غير المتوازنة Unbalanced solutions أما المحلول الذى يحتوى على أملاح عديدة بنسب خاصة بحيث لايكون لها تأثير سام فيعرف بالمحلول المتوازن Balanced solution ومن أمثلة ماء البحر ومحلول التربة·

ويتأثر انفاذ الخلايا للأيونات بوجود أيونات أخرى لها نفس التكافؤ ويكون هذا التأثير أكثر وضوحا بين الأملاح التى يختلف تكافؤ كاتيوناتها · فإذا غمست بعض اقراص جذر البنجر فى محلول ناقص الأزموزية من كلوريد الصوديوم فان المادة الملونة تتسرب تدريجيا الى الخارج وذلك لزيادة نفاذية الغشاء البلازمى فى وجود أيون الصوديوم أما اذا وضعت أقراص البنجر فى محلول مماثل من كلوريد الصوديوم به كمية قليلة من كلوريد الكالسيوم فان خروج المادة الملونة يقل ثم يقف وذلك لأن أيون الكالسيوم أبطل الزيادة فى نفاذية الغشاء البلازمى الناتجه عن أيون الصوديوم · يعرف مثل هذا التأثير – أى تبادل ابطال التأثير السام بين الأملاح – بالتضاد Antagonism الذى يعزى الى التأثير المضاد للأيونات فى البروتوبلازم فعلى حين تقلل الكاتيونات أحادية التكافؤ من القوى التى تربط بين الجزيئات المكونة للغشاء البلازمى وتسبب تفككها نجد أن الكاتيونات ثنائية التكافؤ تعمل فى عكس هذا الاتجاه ومن الواضح أم كلا الاتجاهين ضار بالخلية·

وعلى العكس من ذلك قد يؤدى وجود بعض الأيونات بتركيزات معينة الى زيادة نفاذ الخلايا لأيونات أخرى تحمل نفس الشحنة وتسمى هذه الظاهرة بالمعاونة Synergy فمثلا التركيزات المخففة من الكالسيوم تؤدى زيادة سرعة امتصاص جذور الشعير للبوتاسيوم والبروم كما وجد أن جذور الشعير تمتص كاتيونات الروبيديوم بدرجة أكبر فى وجود كاتيونات الليثيوم·

مراجع مختارة :

1- Angus, B.L; Carey, A.M. and Caron, D.A.; Kropinski, A.M. and Hancock R.E. (1982): Outer membrane permeability in *Pseudomonas aeruginosa*: comparison of a wild-type with an antibiotic-supersusceptible mutant. Antimicrob Agents Chemother. 21(2):299–309.

2- Becker, M.; Kerstiens, G. and Schönherr, J. (1986): Water permeability of plant cuticles: permeance, diffusion and partition coefficients. Trees. 1:54–60.

3- Denison, R. F. and Harter, B. L. (1995): Nitrate effects on nodule oxygen permeability and leghemoglobin. Plant Physiol. 107: 1355–1364.

4- Du, C.; Yao, S.; Rojas, M. and Lin, Y. Z. (1998): Conformational and topological requirements of cell-permeable peptide function. J. Peptide Res. 51: 235–243.

5- Eddleman, C.S.; Bittner, G.D. and H.M. Fishman.(2000): Barrier permeability at cut axonal ends progressively decreases until an ionic seal is formed. Biophys. J. 79:1883–1890.

6- Gibbs, A. G. (2002): Lipid melting and cuticular permeability: new insights into an old problem. Journal of Insect Physiology 48:391–400.

7- Godfrey, A.J.; Hatlelid, L. and Bryan, L.E. (1984): Correlation between lipopolysaccharide structure and permeability resistance in beta-lactam-resistant *Pseudomonas aeruginosa*. Antimicrob Agents Chemother. 26(2):181–186.

8- Kerstiens, G. (1996): Cuticular water permeability and its physiological significance. Journal of Experimental Botany. 47:1813–1832.

9- Kirsch, T.; Kaffarnik, F.; Riederer, M. and Schreiber L. (1997): Cuticular permeability of the three tree species Prunus laurocerasus L, Ginkgo biloba L., and Juglans regia L.: comparative investigation of the transport properties of intact leaves, isolated cuticles, and reconstituted cuticular waxes. Journal of Experimental Botany. 48:1035-1045.

10- Lande, M. B.; Donovan, J. M. and Zeidel M. L. (1995): The relationship between membrane fluidity and permeabilities to water, solutes, ammonia, and protons. J. Gen. Physiol. 106: 67-84.

11- Lin, Y. Z.; Yao, S.; Veach, R.A.; Torgerson, T.R. and Hawiger, J. (1995). Inhibition of nuclear translocation of transcription factor NF-B by a synthetic peptide containing a cell membrane-permeable motif and nuclear localization sequence. J. Biol. Chem. 270: 14255-14258.

12- Liu, X. Y.; Timmons, S.; Lin, Y.-Z. and Hawiger, J. (1996):. Identification of a functionally important sequence in the cytoplasmic tail of integrinβ3 by using cell-permeable peptide analogs. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 93: 11819-11824.

13- Nicas, T.I.and Hancock, R.E. (1983): Pseudomonas aeruginosa outer membrane permeability: isolation of a porin protein F-deficient mutant. J Bacteriol. 153(1):281–285.

14- Niederl, S.; Kirsch T.; Riederer, M.; Schreiber, L. (1998): Co-permeability of 3H-labeled water and 14C-labeled organic acids across isolated plant cuticles: investigating cuticular paths of diffusion and predicting cuticular transpiration. Plant Physiology. 116:117–123.

15- Rojas, M.; Yao, S. and Lin, Y. Z. (1996): Controlling epidermal growth factor (EGF)- stimulated Ras activation in intact cells by a cell-permeable peptide mimicking phosphorylated EGF receptor. J. Biol. Chem. 271: 27456-27461.

16- Santrucek, J; Simanova, E.; Karbulkova, J.; Simkova, M.; Schreiber, L.. (2004): A new technique for measurement of water permeability of stomatous cuticular membranes isolated from Hedera helix leaves. Journal of Experimental Botany. 55:1411–1422.

17- Sawai, T, Matsuba, K and Yamagishi, S. A. (1977): Method for measuring the outer membrane-permeability of beta-lactam antibiotics in gram-negative bacteria. J Antibiot (Tokyo). 30(12):1134–1136.

18- Shi, T.; Schönherr J. and Schreiber, L. (2005): Accelerators increase permeability of cuticles for the lipophilic solutes Metribuzin and Iprovalicarb but not for hydrophilic methyl glucose. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 53:2609–2615.

19- Schönherr, J.; Eckl, K. and Gruler, H. (1979): Water permeability of plant cuticles: the effect of temperature on diffusion of water. Planta. 147:21–26.

الفصل السادس

التغذية المعدنية

Mineral Nutrition

مقدمة

سوف نتناول فى هذا الباب المبادئ الاساسية لتغدية النبات المعدنيـة فقـد أدرك المزارعون الأوائل أن النباتات النامية فى الوحل (الماء المخـتلط بـالطين Muddy water) أفضل من النباتات النامية على ماء المطر الرائـق· وبفـضل العـالم De-Sausurc(١٩٠٤) عرف العالم حاجة النبات للعناصر الغذائية الموجودة فى التربة · وبأستخدام المزارع المائية (محاليل مائية تنمو فيها النباتات لتتغذى على ما فيها مـن عناصر) ثم التعرف على أهمية العناصر الغذائية للنبات·

قسمت العناصر الغذائية الى مجاميع على أساس تأثير العنصر على نمو النبات وتركيبه ودوره فى تكوين المحصول النهائى الى :

عناصر ضرورية:

وهى التى توجد فى النبات بكمية كبيرة وكمية وجودها فى التربة كافية لسد حاجة النبات منها وفى حالة عدم كفايتها لابد من اضافتها للتربة (التسميد) لتعويض النقص وحتى لا تعانى النباتات من الحرمان عند عدم أخذ كفايتها منها ، ولو أخذ النبات منها كمية أكبر من حاجته اليها فأنها تسبب له التسمم·

وقد قسمت العناصر الضرورية الى مجموعتين هما :

العناصر الكبرى:

وهى ستة عناصر هى النيتروجين N, الفسفور P, البوتاسيوم K, الكالسيوم Ca, لماغنسيوم Mg , الكبريت S , بالاضافة الى الكربون C, والاوكسجين أ٢ والأيدروجين H^+ الذى يحصل عليهم النبات من امتصاص غاز ثانى اكسيد الكربون ·

ك أ٢ أثناء عملية التمثيل الضوئى والماء المستخدم فى نفس العملية·

العناصر الصغرى:

وهى عناصر ضرورية ولكن لا يحتاجها النبات بكميات كبيرة وهى جميعها تعمل كعناصر منظمة للنمو حيث انها تعمل كمساعدات انزيمية Cofactor ولا تدخل فى تركيب المركبات الاساسية للنبات (كربوهيدرات ، بروتينات ، دهون) كما فى حالة سابقتها اى العناصر الكبرى ، والعناصر الصغرى ست عناصر هى الحديد ، والمنجنيز، البورون ، الزنك ، النحاس ، الموليبدنيم . ويعتبر البعض أن الحديد عنصرا من العناصر الكبرى والبعض الأخر لا يعتقد هذا ويبدو ان الامر يتعلق بالنبات ففى حالة احتياج النبات لهذا العنصر بكميات كبيرة يعتبر عنصرا من العناصر الكبرى ، وفى حالة احتياجه بكميات قليلة يعتبر عنصرا من العناصر الصغرى. وهناك معيار اخر يمكن ان يحدد لنا مدى احتياج النبات وكونه من العناصر الكبرى ام الصغرى وهى نفس المعيار التى نحكم بها على كون المحلول المغذى محلول جيد يفى باحتياجات النبات. وهذا المعيار هو نسبة تركيز العنصر فى صورته الايونية والتى تتفاوت مع نسبة الايونات فى المحلول الأرضى للأراضى الخصبة التى تمد النبات بأحتياجاته فلا يعانى من نقص اى من العناصر الضرورية.

العناصر الكبرى:-

عناصر يحتاجها النبات بنسب كبيرة

الأيون	التركيز
ن أ٣	1000
K^+	500
Fe	1.0

عناصر يحتاجها النبات بنسب متوسطة

الأيون	التركيز
Ca^{++}	200
So_4^-	200
$H_2Po_4^-$	100
Mn	0.5
B	0.5

عناصر يحتاجها النبات بنسب قليلة

الأيون	التركيز
Mg++	50

العناصر الغير ضرورية:

وهى التى ينطبق عليها شروط العناصر الضرورية بمعنى عدم تأثر نمو النبات بها ولا تدخل فى تركيبه ولا تؤثر فى المحصول النبات النهائى ويظل لها دور فى النبات وهو حفظ التوازن الأيونى داخل النبات، والعناصر الغير ضرورية هى الكلورين ، الصوديوم ، اليود ، السيلكون ، الالمونيوم .

التعرف على الأحتياجات الغذائية للنبات :

أولا : تحليل الرماد:

يمكن التعرف على احتياج النبات من العناصر الغذائية بالكشف على ما يحتويه النبات النامى فى ظروف ملائمة وفى تربة جيدة للوقوف على كمية العناصر فى ذلك

النبات. لكن تلك الطريقة غير مجدية حيث لا يوجد فى الرماد سوى العناصر المعدنية لخروج بعضها فى صورة غازية مثل الكربون والأيدروجين والأوكسجين والنتروجين حيث تتطاير على هيئة ثانى أكسيد الكربون وبخار ماء و أوكسجين وأمونيا . لذلك فبيانات تلك الطريقة غير موثوق بها بالأضافة لأخطاء التحليل الكمى الا انها تمدنا بنسب العناصر بعضها الى بعض فعلى سبيل المثال نجد تلك النسب كما فى الجدول التالى عند تحليل الرماد.

جدول يوضح نسب العناصر فى رماد نبات الذرة

العناصر الكبرى			العناصر الصغرى		
نسب العناصر	العنصر	التركيز %	نسب العناصر	العنصر	التركيز%
النسب الكبرى	النتروجين	1.46	النسب الكبرى	الحديد	0.083
	البوتاسيوم	0.92	النسب المتوسطة	المنجنيز	0.35
النسب المتوسطة	الكالسيوم	0.23		البورون	غير مقدرة
	الكبريت	0.21	النسب القليلة	الزنك	غير مقدرة
	الفسفور	0.20		النحاس	غير مقدرة
النسب القليلة	الماغنسيوم	0.18	النسب القليلة جدا	المولبيدنيم	غير مقدرة

ثانيا : مزارع المحاليل الغذائية :

أستخدمت تلك المزارع فى الدراسات الجادة لمعرفة مدى احتياج النبات الى العناصر الغذائية الكبرى والصغرى لأنة وجد من الصعب دراستها بالتربة لصعوبة التحكم فى المغذيات لذلك أستخدم الماء كوسط للزراعة وباستخدام أوعية زجاجية من نوع البوروسليكات او البولى اثيلين المتعادل ثم أستخدمت المحاليل الغذائية لتنمية الجذور فيها مع التهوية او اذابة الأوكسيجين فيما يعرف Culture Hydroponics وبالرغم من أنها بدأت للدراسة فقط الا أنها تطورت لتصبح وسيلة من وسائل الزراعة الغير تقليدية خاصة لانتاج النباتات البستانية مثل الخضروات ونباتات الزينة وبعض نباتات الفاكهة وذلك داخل الصوب الزراعة فى المناطق القاحلة او تحت الاقبية او فى الحدائق المنزلية أو فوق أسطح المنازل ·





(**الشكل١٣**) يوضح الزراعة فى الاوساط الغير تقليدية والمعروفة Hydroponics والمستخدمة فى الصوب والحدائق المنزلية وفوق أسطح المنازل ·

تأتى الخطوة التالية وهى تحضير المحاليل المغذية التى تحتوى على العناصر الغذائية الضرورية بكميات كافية تلائم النبات النامى وبنسب معلومة وفى حالة اتزان (تساوى عدد الكاتيونات مع عدد الأنيونات) وبالطبع لا يوجد محلول مغذى يصلح

لجميع النباتات لاختلاف الاحتياجات الغذائية من نبات الى آخر ولاختلاف حاجه النبات من مرحلة الى آخرى ولكون النبات الذمى كائن حى فأن له اختيارية فى الامتصاص وهو ما يجعل بعض النباتات تلائمها بيئة دون غيرها.

يجب تغيير المحلول الغذائى من آن الى آخر للاسباب التالية:

١. بقاء المجموع الجذرى في المحلول الغذائى لفترة طويلة يغير من تركيز العناصر به ويخل توازنها.

٢. امتصاص الماء منها يزيد الضغط الاسموزى للمحلول المتبقى.

٣. تغير pH المحلول نتيجة تنفس الجذور وخروج ثانى اكسيد الكربون الذى يتحول الى حمض الكربونيك والذى يعمل على تعديل الرقم الايدروجينى وهو ما يدعونا الى تغيير المحلول من آن الى آخر.

٤. غسيل أحواض الزراعة حتى لا تنمو فيها الفطريات.

ثالثا: دراسة اعرض نقص العناصر على النبات :

دراسة نقص العناصر وسيلة لتحديد حاجة النبات للتغذية الا انها طريقة غير سليمة للاعتبارات التالية:

١. أعراض نقص عنصر ما ليست متشابة فى جميع النبات بل تختلف من نبات الى اخر وان وجدت أعراض عامه مشتركة.

٢. تختلف أعراض نقص العنصر فى النبات الواحد من طور نمو الى اخر.

٣. فى حالة نقص اكثر من عنصر يصعب تحديد الأعراض حيث تتداخل مظاهر الأعراض للعناصر وأيهما هى المسببة للأعراض وتحتاج المسئلة الى خبرة

عالية وفى نفس الوقت لا يعتمد عليها بدقة فى تعويض النقص فى تغذية العناصر.

٤- هناك تأثيرات متبادلة للعناصر وتأثيرها على بعضها.

٥- تتشابة أعراض نقص العناصر مع أعراض نقص الرى أو أضرار الرش بالمبيدات الحشرية والمرضيه ، وأعراض سوء الأحوال الجوية.

الأعراض العامة لنقص العناصر الغذائية على النباتات :

أولا : أعراض نقص تظهر على النبات كله :

أ. اذا كان المجموع الخضرى أخضر فاتح فى الأوراق العليا وبالنزول نجدالأوراق صفراء، أما الأوراق السفلية فنجدها بنية اللون. وعلى الأرض نجد أوراق ميتة وملقاه على الأرض. فيكون ذلك نقص عنصر النيتروجين يرجع الأصفرار الى هدم الكلوروفيل وقد تظهر الألوان الأرجوانية علىالأعناق بعد اختفاء الكلوروفيل فتظهر لون صبغات الانثوسيانين.

ب. اذا كان المجموع الخضرى ذو لون أخضر داكن مع وجود نقط حمراء فى الأوراق العلوية وعند النزول على النبات نجد الأوراق ذات لون بنى مخضر وبالنزول أكثر نجد الأوراق لونها اسود . أما الأوراق المسنة فتموت وتقع على الأرض فتكون هذه أعراض نقص الفسفور.

ثانيا : أعراض نقص تظهر على الأوراق السفلى وتظل الاوراق العليا سليمة:

- الأوراق العلوية سليمة والسفلية صفراء وعليها بقع من انسجة ميتة بنية . فيكون نقص العنصر متوقف على مكان البقع الميتة:-

- اذا كانت البقع الميتة البنية على حواف الورقة يكون النقص هو البوتاسيوم.

- اذا كانت البقع الميتة البنية بين العروق بنصل الورقة يكون النقص هو الزنك·

ب- اذا كانت الأوراق السفلية صفراء بدون بقع ونصل الورقة ملتف على بعضها وتأخذ شكل الطبق ، يكون أعراض النقص هو الماغنسيوم·

ثالثا : أعراض نقص تظهر على الأوراق العليا وتظل الاوراق السفلية سليمة :

أ· تظهر الأعراض على الأوراق العلوية والبرعم الطرفى يظل حيا·

- الأوراق خضراء داكنة مع ذبول الأوراق العلوية بدون اصفرار والنصل منحنى فتكون هذه أعراض نقص النحاس

- الأوراق صفراء مع تواجد بقع متحللة بوضع منتظم فى شطرى الورقة ·فيدل ذلك على نقص المنجنيز·

- الأوراق صفراء وبدون بقع والعرق الوسطى أخضر فاتح فيكون النقص للكبريت

- الأوراق صفراء وبدون بقع والعرق الوسطى أخضر داكن فيكون النقص الحديد

ب· تظهر الأعراض على الأوراق العلوية والبرعم الطرفى ميت ·

- الأوراق الطرفية تأخذ شكل خطاف مع تفصيص النصل فتكون الأعراض لنقص الكالسيوم ·

- الأوراق الطرفية سليمة أما قاعدة نصل الورقة تأخذ اللون الأخضر الغامق وعليها نقط حمراء نتيجة ظهور صبغة الأنثوسيانين نتيجة ضعف عمليات التمثيل الكربوهيدراتى فيكون ذلك عرض نقص البورون·

أهمية العناصر وتواجدها :

النيتروجين :

يدخل النيتروجين فى تركيب جزئى البروتين حيث يدخل أولا فى صورة مجموعة أمين بتركيب الحمض الأمينى وعلية فهو يدخل فى تركيب كل المركبات التى تتكون منها الأحماض الأمينية مثل الانزيمات الذى يشكل البروتين الجزء الأساسى فى بنائها كما يدخل النيتروجين فى بناء الأغشية الخلوية حيث تحتوى على جزء بروتينى ، كما يدخل فى بناء الأحماض النووية لوجود القواعد النيتروجينية فى تركيبها مثل قوعد البريميدين والبيورين ، كما يدخل فى بناء المرافقات الأنزيمية لأنة يدخل فى بناء الفيتامينات وهى الشق النشط فى المرافق الأنزيمى ، كما يدخل النيتروجين فى البورفيرينات والتى تكون مركبان غاية فى الأهمية للنبات الأول هو جزئى الكلوروفيل الهام لعملية التمثيل الضوئى والثانى فى تكوين السيتوكرومات اللازمة لأتمام عمليات التأكسد الطرفى فى التنفس والتى تقوم بدور مضخة لامتصاص الانيونات من التربة اثناء الامتصاص النشط للأملاح ، كما يدخل النيتروجين فى بناء المركبات الحاملة للطاقة والمانحة لها مثل ATP .

الفسفور :

يوجد كمكون أساسى للأحماض النووية والتى تحتوى على شق قاعدى هو القواعد النيتروجينية وسكر خماسى وحمض الفوسفوريك ، كما يدخل الفوسفور فى تكوين الفوسفوليبيدات والمرافقات الأنزيمية مثل NAD, NADP كما يدخل فى بناء المركبات الغنية بالطاقة مثل ATP .

البوتاسيوم :

لا يدخل البوتاسيوم فى تركيب أى مركب من مركبات الخلية النباتية أو من المركبات العضوية بالنبات الا أنه له دور هام جدا فى فسيولوجية النبات منها :

- للبوتاسيوم دور فى فتح وغلق للثغور وبالتالى فهو المتحكم فى التوازن المـائى داخل النبات ·

- البوتاسيوم منشط أساسى للأنزيمات المصاحبة لتمثيل الروابط الببتيدية فعنـد نقصة يضعف تكوين البروتين مما يؤدى الى تراكم الكربوهيدرات والذى كـان يجب أن يستهلك فى بناء البروتين " حيث أن البروتين يتكون من هيكل كربونى ياتى من الكربوهيدرات فى صورة الأحماض الكيتونيـة التـى يـتم تركيـب مجموعات الأمين عليها " ·

- يعمل كمنشط لعديد من الأنزيمات التى تصاحب تمثيل الكربوهيدرات ونجـد أن السيادة القمية تختفى عند نقص البوتاسيوم ·

- يعتبر البوتاسيوم وزير المواصلات داخل النبات فهو المنظم لحركة الذائبات بدأ بالماء الحر الى الكربوهيدرات من الأوراق والى الثمار والأزهـار والـدرنات لذلك نقصة يؤدى حتما الى نقص المحصول وتساقط الأزهار والثمـار لـنقص المدد الكربوهيدراتى والهرمونى الذى يساعد البوتاسيوم على نقله ·

الكالسيوم :

يدخل فى تركيب الصفيحة الوسطية والتى تتركب كيميائيا من بكتات الكالـسيوم وهو هام لتكوين الاغشية الخلوية ، وقد اقتـرح أن الكالـسيوم يـشترك فـى تنظـيم الكروماتين على المغزل أثناء الأنقسام الميتوزى وينشا الأنقسام الـشاذ نتيجـة نقـص الكالسيوم ، كما وجد أن له دورا فى تنشيط لـبعض الانزيمـات مثـل Adenozine triphosphatase , Ariginen kinase

لكبريت :

يدخل فى تركيب البروتين فى صورة الأحماض الأمينية الحاملة للكبريت مثل السستئين و السستين والمثيونين ، كما يقوم الكبريت بالربط بين البروتينات عن طريق رابطة ثنائية الكبرتيد ، كما يدخل الكبريت فى بعض الفيتامينات مثل البيوتين والثيامين والمرافق الانزيمى أ . كما أن الكبريت يمثل المركز النشط لكثير من الأنزيمات التى يكون احدى مراكزها مجموعة السلفهيدريل وله دور فى التمثيل الضوئى وأيض النيتروجين .

لماغنسيوم :

هو من مكونات الكلوروفيل ، كما يدخل فى تنشيط العديد من الأنزيمات أثناء الأيض الكربوهيدراتى وهو منشط للأنزيمات التى تصاحب تمثيل الأحماض النووية ويعتقد ان دورة التنظيمى يكون من خلال ارتباطه بكل من ATP والأنزيم ليكون معقد مخلبى (الأنزيم ، المغنسيوم ، البيروفوسفات) . فى بعض الحالات يحل المنجنيز محل المغنسيوم كمعاون انزيمى كما يقوم بدور العامل المساعد فى تفاعلات تثبيت ثانى أكسيد الكربون لكل من انزيمى Phospho enol pyruvate carboxylase, Ribulose 1,5 diphospho carboxylase وقد يكون هو عامل الربط لدقائق الريبوزومات عند تكوينها للبروتينات أثناء عملية الترجمة .

الحديد :

يدخل الحديد الى النبات فى صورة حديديك الا أن الصورة النشطة هى الحديدوز حيث يدخل فى تركيب السيتوكرومات . تلك المركبات التى تساهم فى انسياب الألكترونات فى الميتوكوندريا أثناء التنفس الطرفى أو أثناء انتقال الألكترون من النظام الصبغى الأول وهى يرجع الألكترون مرة أخرى خلال الأكسدة الضوئية الدائرية Cyclic photophosorelation ويصاحب الحديد أنزيمات تمثيل الكلوروفيل الذى

يعتمد فيتمثيلة على المغنسيوم أو الحديد كمـا يوجـد الحديـد فـي كـل مكونـات الفلافوبروتين ·

المنجنيز :

هو عنصر من العناصر الصغرى يقوم بدور العامل المساعد للأنزيمـات فـي عمليات التنفس وأيض النيتروجين فهو علـى سـبيل المـساعد Co-factor لأنـزيم Malic dehydrogenase بـــدور كـــربس ، وكـــذلك Oxalasuccinc decarboxylase كما يلعب دورا فى اختزال النترات حيث يعمل كمعـادن أنزيمـي لأنزيم Nitrate reductase وانزيم hydroxylamine reductase كما أن له دور فى هدم أوأكسدة الأوكسين الطبيعى حيث يعمل كمعاون انزيمـي لأنـزيم oxidase indole-3- acetic acid كما يدخل فى أنتقال الألكترون من الماء الى الكلوروفيـل فى تفاعلات الضوء للتمثيل الضوئى ·

البورون :

يلعب دور فى انتقـال الكربوهيـدرات داخـل النبـات · حيـث يكـون مـع الكربوهيدرات معقد بوراتى يسهل الأنتقال عبر الأغشية الخلوية لذلك فنقـصة يـسبب أعراض مشابة لنقص أعراض السكر وهى موت القمم الناميـة والجـذور وتـساقط الأزهار وهى الأعضاء النشطة أيضيا لم يثبت ان له دورا آخر غير لانتقال الـسكريات حتى الأن ·

الزنك :

يلعب الزنك دورا أساسيا فى تمثيل التربتوفان وهو منشأ الأوكسين وبالتالى فـي تمثيل الأوكسين الطبيعى فى النبات· كما يساعدعلى تفاعل السيرين مع الأندول لتكوين التربتوفان · كما ان له دور منشط للعديد من الأنزيمات مثل Carbonic anhydrase

الذى يحلل حمض الكربونيك الى ثانى أكسيد الكربون والماء كمـا ان لـه دور مـع أنزيمات الأكسدة والأختزال · وفى الأنزيمات الناقلة الفوسفات مثل Hexosc kinase

كما يدخل الزنك فى تكوين أصابع الزنك فى عوامل النسخ المسئولة عن البحث عن صندوق TATA والتى تحدد أماكن نسخ الجينات لأنتاج البروتينات فـى عمليـة الترجمة والنسخ وتكوين الجديد من mRNA .

النحاس :

يعمل النحاس كمكون لأنزيمات Phenolases, Ascorbic acid oxidase كما أنه يعمل كحامل للأكترون فى عمليات التمثيل الضوئى كمـا تحتـوى البلاستيدات الخضراء على بروتينات بها نحاس تسمى Plastocyanin

أما الدور الأساسى فهو عمليات الأكسدة والأختزال التى تقـوم بهـا مجموعـة انزيمات Phenolases والتى تحرر الفينولات كمـادة مقاومـة ومهاجمـة للكائنـات الممرضة وعند الأصابة الحشرية فهى بمثابة الجهاز المناعى لحماية النبات·

الموليبدنيم:

يلعب دورا هاما فى تثبيت غاز النيتروجين ، كما يلعب دورا هاما فى أختـزال النترات لتكوين النشادر واللازم لتكوين الأحماض الأمينية أثناء تمثيل البروتين·

أمتصاص العناصر الغذائية :

كما سبق الاشارة اليه توجد العناصر الغذائية فى التربة أما فى صورة مركبـات معدنية أو عصوية ذائبة فى محلول التربة علـى صـورة أيونـات موجبـة الـشحنة الكهربائية تعرف بالكاتيونات مثل ص+ ، يد+ ، بو+ ، كا++ ، مغ++ ، ح+++ · نح++ ، ز+ او فى صورة ايونات سالبة تعرف بالانيونات مثل ن أ٣- ، كب أ٤- ، أيد- ، يدك أ٣- وقد يمتص العنصر فى صورة مخلبية·

تتحول العناصر الغذائية من صورتها الصلبة سواء كانت على معدن الطين او مضافة عند التسميد فى صورة سماد ملحى الى الصورة السائلة بثلاث اليات هما

١- الإذابة ٢- التبادل ٣- الخلب

١- **الإذابة** حيث تذوب الاملاح بالتربة فى الماء ويساعد الاذابة ارتفاع درجة حرارة التربة وكلما توفر ثانى أكيد الكربون تحول لحمض الكربونيك المانح للأيدروجين البدول الذى يساعد الأملاح التى لا تذوب الا فى الوسط الحمضى ٠

٢- **التبادل** حيث تتبادل الأيونات المدمصة على أسطح الغرويات سواء كانت معادن الطين الغروية أو المادة الدبالية بالتربة مع الأيونات المذابة فى محلول التربة مثل أيونات الأيدروجين الناتجة من حمض الكربونيك لتتبادل بدورها مع أيونات الأيدروجين الموجودة على أغشية خلايا الجذر والناتجة من مضخة السيتوكروم لتتمكن الايونات من الدخول للجذر ٠

٣- **الخلب** وهو اتحاد أنيون عضوى مع كاتيون معدنى فييسر امتصاصه دون التعرض للتثبيط أو الادمصاص على أسطح الغرويات فلا يتأثر بظروف الأكسدة والاختزال بالتربة مثل اتحاد انيون الحديدوز الميسر Fe^{++} مع انيون الطرطريك فيصبح الحديدوز فى صورة مخلبية ولا يتحول الى الحديديك Fe^{+++} الغير ميسر للامتصاص ٠

الانتقال Translocation .

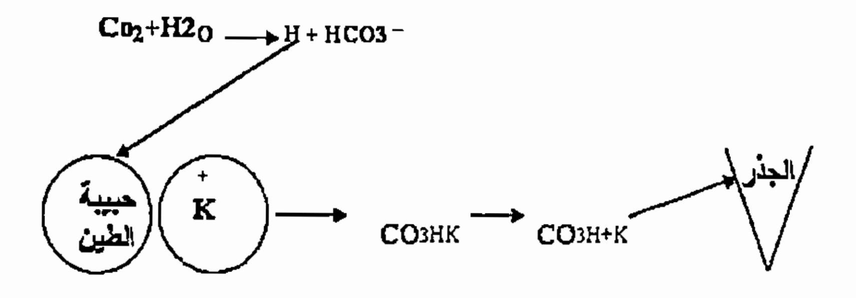
١- يتم الانتقال من التربة إلى الجذر بطريقتين٠

أ- التبادل بالتلامس :

الجذر H^+ K^+ حبيبة الطين ← الجذر K^+ H^+ حبيبة الطين

يتم انتقال الأيون من حبيبة الطين إلى الجذر بدون تدخل الكتروليتات حرة أي أن الأيون قد يدمص على جذور النبات بدون أن يحتاج للذوبان أولاً في محلـول التربـة فالأيون إلكتروستاتيكياً على الجزئ الصلب مثل حبيبة التربة أو جذر النبات لا يكـون ممسوكاً بقوة شديدة بل يكون مفصولاً عنه بفراغ معين ولو صفر · فلـو أن جزيئـان مدمصان (الجذور و حبيبة التربة) كانا بالقرب الكافي فأن الفراغ الفاصل بين الأيـون الممتص على أحد الجزئيات قد يتدخل مع الفراغ الفاصل لأيون ممتص علـى حبيبـة أخرى وبالتالي قد يحدث تبادل للأيونات على الحبيبات·يمتص النبات الأيونات بواسطة مجموع النبات الجذرى بواسطة عدة أليات للامتصاص·

ب- نظرية حمض الكربونيك :



يقوم محلول التربة بدور هام حيث يكون هو وسط التبادل الأيوني بـين الجـذر وحبيبة التربة وحسب هذه النظرية فإن ك أ ٢ الناتج من تنفس الجذور يتحول في التربة إلى حمض كربونيك بعد اتصاله بمحلول التربة وهنا يتحلل إلى كاتيون يد+ وانيون يـد ك أ٣ وبينما ينتقل أيون الأيدروجين إلى حبيبة التربة يتحرر أحد الكاتيونات المدمـصة

عليها ويدخل إلى الجذر كاتيونات في محلول التربة أو محمولاً في صورة بيكربونات.

تدخل الأيونات إلى خلايا البشرة عن طريق الامتصاص السلبي والانتقال النشيط معاً. حيث يدخل إلى الحيز الظاهري الحر بالامتصاص السلبي ثم ينتقل بالانتقال النشيط إلى الحيز الداخلي Inner space .

الامتصاص السلبي Passive Absorption :

يحدث الامتصاص عن طريق الاتصال المباشر بين حبيبات التربة أو محلولها والمجموع الجذري وكثيراً ما لوحظ أنه عن نقل أنسجة النبات من وسط يحتوي على تركيز منخفض من الأملاح إلى وسط يحتوي على تركيز ملحي مرتفع فإنه يحدث امتصاص uptakc سريع للأيونات اى تنتقل الايونات من الوسط الأكثر تركيزا الى الوسط الاقل تركيزا داخل النبات حتى يحدث الاتزان عندما يتساوى نشاط الأيون في جميع اجزاء المحلول الداخل والخارج ويسمى ذلك بالانتشار البسيط Simple diffusion ويعقب ذلك فترة من الامتصص البطيء المستقر والذي يخضع للنشاط الأيضي والامتصاص الأول السريع لا يتأثر بدرجة الحرارة ولا بمثبطات التمثيل الغذائي أي أن الطاقة الأيضية لا تتدخل في هذه الخطوة ولو أعيد النسيج بعد ذلك إلى وسط ذو تركيز منخفض من الأملاح فإن بعض الأيونات الممتصة سوف تخرج إلى الوسط الخارجي وبعبارة أخرى فإن جزء من الخلية أو النسيج المغمور في المحلول الملحي سوف يكون معرضاً لخروج الأيونات منه بطريقة حرة حتى يتم حدوث توازن بين الأيونات بصورة ما داخل وخارج الخلية أو النسيج والمحلول الخارجي وهذا الجزء من النسيج المسموح له بالخروج الحر للأيونات يرمز له باصطلاح الحيز الخارجي Outer space وهو بصفة عامة يعتبر جدار الخلية وجزء من السيتوبلازم.

العوامل المؤثرة على الامتصاص السلبي :

١- التبادل الأيوني Ionic adsorption exchange

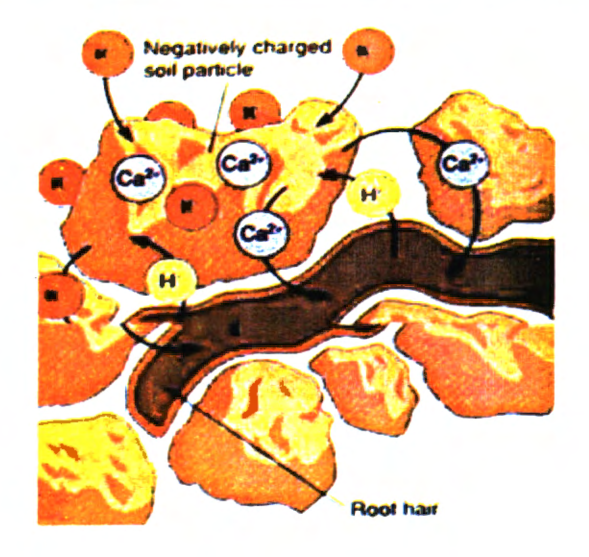
٢- توازن دونان Donnan equilibrium

٣- الانسياب الكتلي Mass Flow

٤- تبادل الأيونات بالتلامس The contact Exchange

١- التبادل الأيوني Ionic adsorption exchange :

الكاتيونات الممسوكة على غرويات التربة يلزم لكى تترك السطوح الغروية أن تتبادل مع كاتيونات أخرى وتلك الكاتيونات الأخرى لها مصدران :١- الكاتيونات الحرة فى محلول التربة ٢- الأيدروجين الخارج من سطوح جذور النبات ومن ناحية اخرى فقد يكون أيدروجين الجذور ممسوكا هو الأخر على السطوح الفعالة لهذة الجذور على نقط خاصة على هذه السطوح تعرف بمراكز التبادل ولكى يصل هذا الأيدروجين الى كاتيونات التربة المتبادلة على أسطح الطين لابد ان يتبادل أولا مع الكاتيونات الحرة فى المحلول الأرضى لذلك ظهر ما يعرف بنظرية ثانى أكسيد الكربون وملخصا أن ك أ٢ حول الجذور والناتج من تنفسها او من تنفس الكائنات الحية الدقيقة الموجودة فى التربة عند ذوبانه فى الماء يتحول الى حمض الكربونيك الذى يتأين الى كاتيونات الأيدروجين وأنيونات البيكربونات ثم يتبادل الأيدروجين مع الكاتيونات الغذائية المدمصة على أسطح غرويات التربة فتنساب فى محلول التربة ليمتصها الجذر بالانتشار البسيط تبعا لتدرج التركيز او تتبادل الكاتيونات على أسطح أغشية الجذر مع الأيدروجين الخارج من الجذور من خلال مضخة السيتوكروم وعند امتصاص الكاتيونات يخرج بدلا منها أنيونات أيد ‾ والتى تتبادل بدورها مع انيونات اخرى مثل الكبريتات او النترات ...الخ وعادة يحدث التبادل الايونى بين الأيونات المتماثلة فى الشحنة او يتبادل أيونين أحادى التكافؤ مع أيون ثنائى التكافؤ.



(الشكل ١٤) يوضح التبادل الكاتيزنى بين الكاتيونات المدمصة على حبيبات الطين والايدروجين المدمص على الشعيرات.

وظهرت معارضة لتلك النظرية حيث أن لو فرض أن الامتصاص يتم بالآلية السابقة فيجب بناء على ذلك أن يكون من معلق الطين يساوى الامتصاص من مستخلص هذا المعلق الناتج من تشبعة بغازك أ٢ الا أنه اتضح أن الامتصاص من المعلق يزيد كثيرا على الامتصاص من مستخلص حمض الكربونيك لهذه المعلقات وقد فسر هذا النقض عن طريق نظرية تبادل الأيونات بالتلامس.

٢- توازن دونان Donnan equilibrium :

يتم الاتزان ويقف الامتصاص تبعا لتلك النظرية إذا كان حاصل ضرب التركيز الجزئي للكاتيونات والأنيونات في جانب من غشاء ما يساوي حاصل ضرب تركيزها في الجانب الآخر . فلو أن الغشاء كان منفذاً للكاتيونات والأنيونات سوف تنتشر من المحلول الخارجي مخترقة الغشاء حتى تصل إلى حالة استقرار ويكون الوضع متوازن كهربياً إلا أن هناك حاجة إلى كاتيونات إضافية لمعادلة الشحنة السالبة للأنيونات المثبتة على السطح الداخلي للغشاء وعلى ذلك فإن تركيز الكاتيونات سوف يكون أعلى في

المحلول الداخلي وسوف يكون أقل من تركيزها في المحلول الخارجي · وهذا يمكن أن يفسر تراكم الأنيونات عند وجود تدرج في التركيز وظهور حالات الاستقرار أو التعادل بدون تدخل الطاقة التمثيلية·

٣- الانسياب الكتلي Mass Flow :

يتسبب الماء الخارج من الثغور في سحب تيار من الماء يبدأ من الثغر وينتهي إلى الجذر ثم محلول التربة وهذا التيار يتسبب في زيادة امتصاص الأيونات إما بصورة غير مباشرة عن طريق تحريك الأيونات بعد خروجها من أوعية الخشب مما يتسبب في زيادة نشاط الامتصاص الأيوني أو بصوره مباشرة بانسياب تيار الماء حاملا الأيونات من المحلول الأرضي خلال الجذور إلى الأفرع وقد تأيد تلك النظرية بتعريض الجذور لضغط هيدروستاتيكي فكانت النتيجه زيادة الأيونات الممتصة ·

٤- تبادل الأيونات بالتلامس The contact Exchange :

فسر تلك النظرية القصور فى امتصاص الكاتيونات عن طريق نظرية ك أ٢ فالامتصاص يتم أحيانا بدون وجود الكاتيون فى محلول التربة أو عند pH مناسب ليحدث الامتصاص نتيجة لفرق الجهد ولكن تستطيع الجذور أخذ الكاتيونات مباشرة دون المرور بالمحلول الأرضى فلكل أيون مدمص له حقل يتذبذب فية Field Oscillation فأذا تداخل مع مجال ذبذبة لأيون آخر مدمص على سطح غروى آخر أو على أسطح الأغشية السيتوبلازمية للجذور فانه يحدث التبادل وبهذا يمكن أن تنتقل الأيونات مباشرا من حبيبة الطين الى الجذر حيث أن الجدار السليولوزى ليس خاملا لارتباطه بمجموعة حامضية والجدار السليولوزى غير نقى لتخلل المسافات البينية له باللجنين والمواد البكتينية والتى لها خواص تبادلية·

الانتقال النشيط :

لوحظ أن امتصاص الأيونات يحدث بدون تدخل الطاقة الأيونيه إلى حد معين ثم يستمر بعد ذلك بصوره لا يمكن لنظريـــات الامتــصاص الــسلبي تفــسيرها وهــذا الامتصاص التالي يحدث فيه تراكم للأيونات ضد تدرج التركيز ويتم تثبيطـــه عنـــدما يكون النشاط الأيضي للنبات مثبطا بلخرارة المنخفضة أو تركيز الأكسجين المنخفض أو المثبطات الأيضيه ....إلخ . وهنا يمكن افتراض أن التراكم الأيــوني فــي النبــات يحتاج إلى طاقه أيضيه وانتقال الأيونات بالأســتعانه بالطاقــة التمثيليــة ويرمــز لـــه باصطلاح الامتصاص النشيط Active Transportion عن طريق حوامل Carrier موجودة في الأغشية الخلوية.

مــا هــو الحــامــل Carrier Concept ؟

أعتقد البعض أن هناك ممرات خلال المنطقة بين الحيــز الخــارجي والــداخلي للخلية لا تكون منفذه للأيونات الحرة تحتوي على حوامل منخفضة هذه الحوامل ترتبط مع الأيونات في الحيز الخارجي ثم تتخلص منها في الحيز الــداخلي وأكثــر ملامــح نظرية الحوامل أهميه هو افتراض وجود معقد الحامل والأيون وهو مركــب يمكنـــه التحرك خلال الغشاء الغير منفذ السابق ذكره وعند تتحــرك الأيونـــات ولا تـــستطيع الحامل الحركة مره أخرى للخارج وعلى ذلك يتم تراكما بينما يعود الحامل فارغـا . وهناك ثلاث خصائص تؤيد بشده صدق مفهوم الحوامل.

١- تبادل النظــائر Isotopic Exchange :

وجد أن الأيونات الممتصة امتصاصا نشيطا تكون غير قابله للتبادل مع الأيونات من نفس النوع في الحيز الخارجي أو الوسط الخارجي وقد لــوحظ ذلــك بأســتخدام النظائر المشعة مما يدل على أن الغشاء ذو مناعة مرتفعه للأنتشار الحــر للأيونـــات

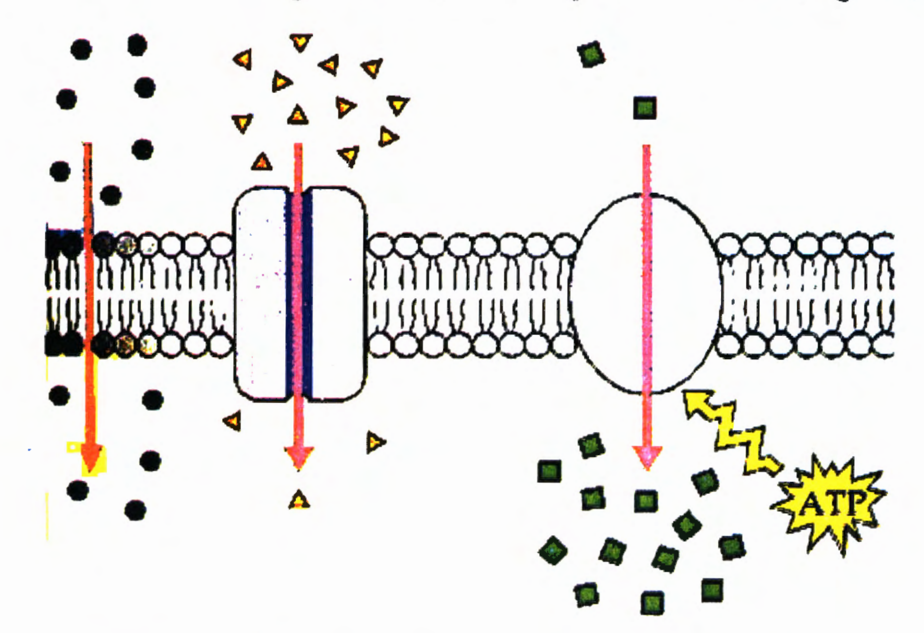
وحيث أن الأيونات تمتص فإن حركتها خلال الغشاء يجب أن تمر بواسطة وسيط هــو الحوامل ٠

وقد تم دراسة امتصاص الكبريت المعلم كب[٣٥] بواسطة جذور الشعير ووجد أن الكميه الممتصة يمكن أن تفصل إلى جزئــين :

1-كمية تمتص بالأنتشـــــــــــــار٠

٢- كمية تمتص بالامتصاص النشط٠

كما وجد أن الكميه الممتصة بالأنتشار يمكن أن تخرج عند غمر النسيج في الماء خروجا حرا بينما الكميه الممتصة امتصاصا نشيطا لا تخرج إلى الماء كما لا يمكنهـا التبادل مع أيونات كبريت عاديه في محلول كبريت غير مشبع ٠



الامتصاص النشط	الانتشار بالمساعدة	الامتصاص النشط	الانتشار خلال الاغشية الدهنية

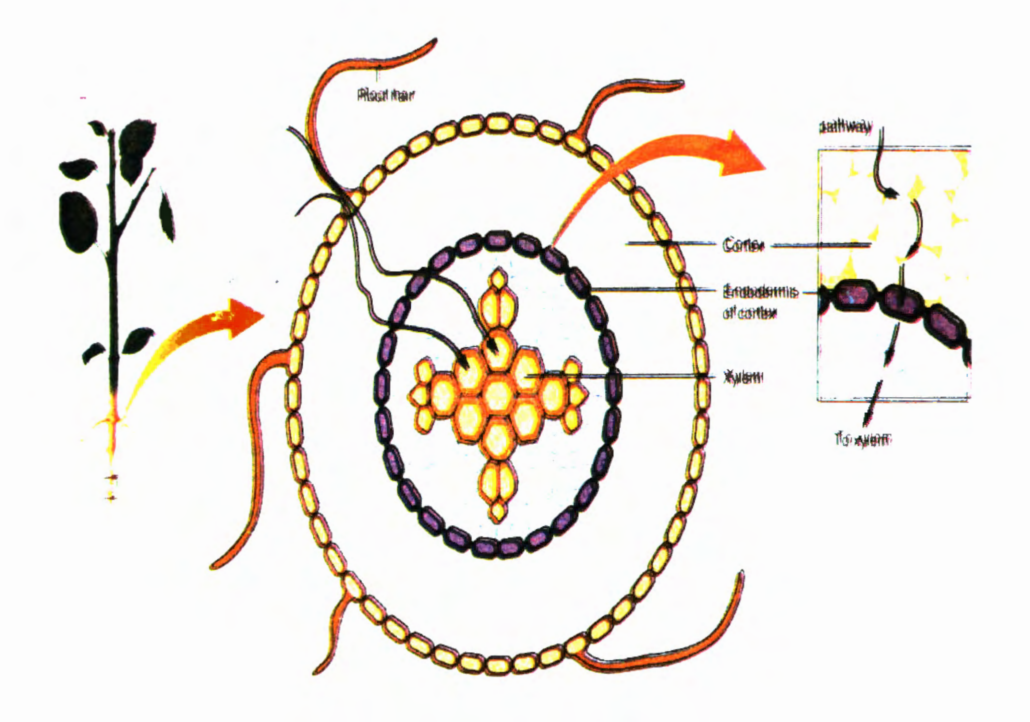
(الشكل ١٥) يوضح أنواع الامتصاص حيث يمتص النبات مغذياتة بطريقتين اما امتصاصا سلبيا او امتصاصا نشطا٠

٢- التشبع Saturation :

الامتصاص يقف عند حد معين أو عند نقطة التشبع عندها تكون جميع المواضع النشطة على الحوامل ممتلئة ، وهي حالة متشابه لتأثير التشبع المعروف في التفاعلات الأنزيمية ، وهناك حقيقة تقول أن مستوى المعدل الأقصى للامتصاص يمكن أن يستمر لفترة طويلة نسبيا يؤيد وجود عدد محدود من الحوامل العاملة بأقصى كفاءه بمعنى أن المواضع النشيطة على الحوامل تكون مشغولة طول الوقت ٠ وبمجرد أن يتخلص أحد الحوامل من الأيون في الحيز الداخلي فنه في الحال يتم انشغاله بأيون آخر من منطقة الحيز الخارجي للنسيج وعلى ذلك فإنه عند نقطة التشبع تظل الدورة مستمرة ولا يمكن أن تعمل بسرعة أكبر لو أن تركيز الأملاح تزايد٠

٣- التخصص Specificity :

الجذور تمتص الأيونات اختياريا بمعنى أن معدل امتصاص الأيونات يختلف كما يختلف معدل تراكمها في أنسجة الجذور مما يؤيد وجود الحومل المتخصصة Specificity Carriers هذه الخاصية ترتبط بالأيونات ذات السلوك الكيميائي الغير متشابه إلا أنها لا تظهر مع الأيونات المتشابه أو تكون ضعيفة الأثر فمثلا الكاتيونات الأحادية مثل البوتاسيوم والسيزيوم والروبيديوم تتنافس مع بعضها على نفس موضع الالتحام على الحامل أي أن معدل امتصاص الروبيديوم يمكن أن يخفض بإضافة مزيد من البوتاسيوم أو السيزيوم إلى المحلول المغذي وزيادة تركيز الروبيديوم يمكن أن يتلاشى الأثر المثبط للكاتيونات الأخرى ومما يؤيد وجود مواضع التحام مختلفة أن وجود زيادة من الصوديوم لا يثبط امتصاص الروبيديوم ، كذلك فإن السلينات تثبط امتصاص الكبريتات بينما لا تؤثر على امتصاص الفوسفات أو النترات٠ وهي حاله تتشابه أيضا مع علاقة الأنزيم بالسيسترات حيث يفسر على أساس انتقال المواضع الفعالة في الأنزيم ٠



(الشكل ١٦) يوضح قطاع عرضى فى جذر من ذوات الفلقتين

ميكانيكية الامتصاص النشيط :

هناك ميكانيكيتان محتملتان لعمل الحوامل :

١- مضخة السيتوكروم Cytochrome Pump :

لاحظ Hoagland وأخرين أن غمر النسيج في محلول محلي يتسبب في زيادة معدل التنفس وهو ما يسمى بالتنفس الملحي وأن امتصاص الاملاح يعتمد على التنفس وهو ما قاد Lundagardh 1950 إلى نظرية تصيغ العلاقة السابقة ومحتواها هو أن الامتصاص يحدث من خلال السيتوكروم أوكسيديز هذا بالاضافة الى أن السيتوكروم قد

يكون حاملا للأيونات وقد تأكد من ذلك عندما وجد أن الامتصاص يثبط بتثبيط التنفس بمثبطات السيتوكروم أوكسيدير فالحديد بالسيتوكروم يغير تكافؤه من ثنائي الى ثلاثي والعكس فأذا كان ثلاثى ح $^{+++}$ يأخذ الكترون او انيون سالب ليصبح ح $^{++}$ والعكس وأن مصدر الأيدروجين هو الأحماض العضوية الموجودة بجدار الأندوبلاست تحت تأثير أنزيم Dehydrogenase .

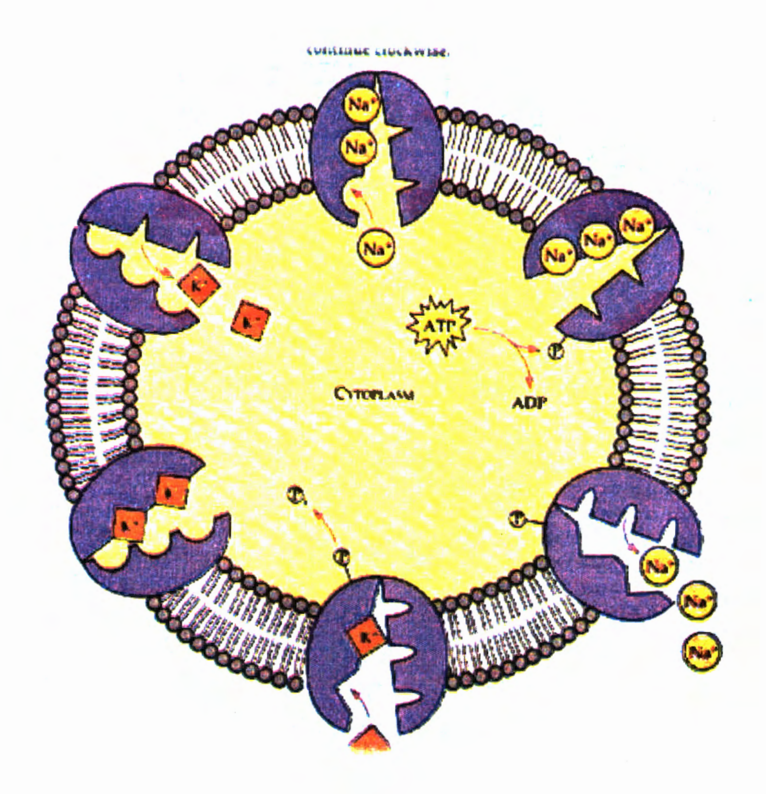
وعلية فإن:

١- امتصاص الأنيونات يعتبر مستقلا عن امتصاص الكاتيونات وكلاهما يحدث عن طريق ميكانيكيات مختلفة.

٢- يوجد تدرج في تركيز الأكسجين من السطح الخارجي الى السطح الداخلي للغشاء منها عند السطح الداخلي.

٣- الانتقال الفعلي للأنيونات يحدث من خلال نظام السيتوكروم.

وحيث أن هناك علاقة كميه بين امتصاص الأيونات والتنفس الملحي وهذه العلاقة لا تظهر عند امتصاص الكاتيونات فقد أفترض أن أيونات فقط تنقل انتقالا نشيطا . وتثبط التنفس لملحي وما يترتب عليه من تثبيط امتصاص الأملاح بواسطة أول أكسيد الكربون قادت لاند جارد لأن يفترض أن انتقال الأيونات يتم بواسطة السيتوكروم اوكسيديز وبالتالي فإن السيتوكروم قد يكون من الحوامل الأنيونية.



(**الشكل١٧**) يوضح الية الامتصاص تبعا لنظرية الحوامل أو نظرية مضخة السيتوكروم التى تفترض وجود حامل ينشطة ATP يغير من شكله فينفتح على الخلية من الداخل ليمتص منها الصوديوم ثم يغير من شكله ليفرز الصوديوم خارجها ويمتص بدلا منه البوتاسيوم او اى كاتيون آخر ثم يغير شكله مرة آخرى ليتمكن من افراز الكاتيونات داخل الخلية.

نــظـريــة لانـــد جــارد:

- هناك علاقة بين التنفس و امتصاص الأنيونات
- أن الأنيونات تمتص امتصــاصــا نشــــــطا.
- أي تنبيط للتنفس الملحمي يسبقه تثبيط لامتصاص الأيونـــات .

* امتصاص الأيونات يتم بواسطة السيتوكروم أو الأكــسيديز لــذلك أفتــرض أن السيتوكروم من الحـــوامــل الأنيونيــــه ·

تفــــسير نظــرية لانــد جـــارد :

وطبقا لنظرية لانــد جــار يتفاعل أنزيم الديهدروجينيز على الــسطح الــداخلى بإنتاج بروتون F^{+} والإكترون e^{-} يتحرك الإلكترون إلى الخارج عن طريقــي سلــسله السيتوكرومات بينما يتحرك البروتون إلى الداخل · وعلى السطح لخارجي للغشاء يتم أكسدة الحديد الذي كان قد أختزل بالسيتوكروم فيفقد الكترون ويتكــون أنيــون يتحــد الإلكترون المتحرر مع بروتون والأكسجين مكونا جزئ ماء وعلى الــسطح الــداخلي يصبح الحديد المؤكسد بالسيتوكروم مختزلا بإضافة الإلكتــرون النــاتج مــن تفاعــل الديهيدروجينيز ويتحرر البروتون إلى الداخل أثر هذا التفاعل · أما للكاتيونات فإنهــا تمتص امتصاصا سلبيا لموازنة فرق الجهد الناتج عن تراكم الأنيونات علــى الــسطح الــداخـــلي·

الاعتراضات :

رغم أن نظرية الانتقال بالسيتوكروم تعطي صوره واضحة عن كيفة مــساهمة الطاقة التمثيلية في امتصاص الأيونات إلا أنها لم تلقي قبولا عاما وواجهت اعتراضات محرجه مثل :

* نوحظ أن أحد مثبطات الفسفره الأكسجين وهو مركب يزيد من التنفس وفــي نفــس الوقت يقلل من امتصاص الأملاح · وذلك يعني أن الفسفره يجب أن تكون ضــمن أي نظريه تفسر تراكم الأملاح ·

* كما لوحظ أن الأنيونات ليست هي فقط التي تشجع التنفس لأن أيونــات كــلا مــن الصوديوم والبوتــاســيوم تشجع التنفــس ·

• وأخيرا ، لو أن هناك حامل واحد فقط لكل أنيون لكان من المؤكد أن يظهر تنـافس بين الأنيونات على شغل موضع الالتحام ولكن على العكس (وكما ذكر من قبـل) فإن الأنيونات مثل الكبريتات والنتروفوسفات لا تتنافس مع بعضها ·

٢- ميكـانيكـية الحـــوامـل :

أقترح Bennet – Clark 1956 ميكانيكية الامتصاص النشيط للأملاح يستخدم فيها ATP وفيها اقتراح بأن الفوسفوليبيدات قد تكون هامة لانتقـال الأيونـات خـلال الأغشية التي تعتبر غير منفذه ، وفي هذا الانتقال يتم تخليق فوسفوليبيد وهو اللسيثين Lecithinيتحلل مائيا فيما يشبه الدورة فيلقط الأيونات من السطح الخارجي ثم يدخلها عن طريق التحلل المائى إلى الحيز الداخلي وتخليـق أحـد مكونـات هـذه الـدورة الفوسفاتيدية Phosphatide cycle على الأقل يحتاج إلىATP .

العـوامل المؤثرة على امتصاص الأملاح :

يتم الامتصاص تحت ظروف متوافقة ومناسبة للنـشاط الحيـوي والتحـولات الفيزيائية الحادثة · ولو تغيرت الظروف البيئية فـإن الامتـصاص يتـأثر · وأهـم العـوامـل هـي :

١- **درجـة الحرارة Temperature :**

ارتفاع الحرارة بصفة عامه يسرع الامتصاص السلبي بزيادة الطاقـة الكامنـة لجزئيات وفي الامتصاص النشيط يزيد النشاط إلى درجه مثلى ثـم يتنـاقص مكـافئ نشاطك حيوي آخر أي أن لها درجه صغرى ومثلى وعظمى·

٢- **تركيز أيـون الأيـدروجين Hydrogen ion Concentration :**

زيادة أو نقص التركيز الأيدروجينى لمحلول التربة عن المدى الفسيولوجي يمر بالنشاط الحيوي العام بما فيه الامتصاص· وفي داخل هـذا المـدى فـإن ارتفـاع أو

انخفاض رقم pH لا يؤثر إلا في حالة نقص العناصر في التربة بينما يكون تأثيره قليل في وجود وفره منها ٠ وتحت هذه التحفظات فإن الظروف الحامضية تساعد على توفير الفوسفات الأحادي الصالح للامتصاص ٠ كذلك يتحسن صلاحية البورون للامتصاص في الظروف الحامضية ٠ بينما تكون زيادة القلوية مناسبة لامتصاص الكاتيونات ٠

٣- الضوء Light :

الضوء يساعد على فتح الثغور وعلى التمثيل الضوئي ٠ الثغور المفتوحة تزيد تدفق كتلة الماء في تيار النتح فيشجع الامتصاص٠ والطاقة المستمرة من التمثيل الضوئى تشجع الانتقال النشيط كما أن الأوكسجين الناتج يحسن الظروف المناسبة للامتصاص ٠

٤- التركيز الأكسوجيني Oxygen tension :

الانتقال النشيط يثبط في كميات الأوكسجين كما أن الأوكسجين يساعد على امتصاص الفوسفات ٠

٥- الأثر المتبادل Interaction :

وجد أن امتصاص الشعير للبوتاسيوم يتأثر بوجود الكالسيوم أو الماغنسيوم كما لوحظ أن الكالسيوم يقلل امتصاص البوتاسيوم والبروتين إلى حد معين لو زاد الكالسيوم يزيد الامتصاص مره أخرى ٠ والماغنسيوم يقل امتصاصه بوجود الكالسيوم٠ كما لوحظ أن البوتاسيوم والروبيديوم والسيزيوم تتنافس على شغل موضع التحام واحد ٠ والباريوم والكالسيوم تتنافس على موضع واحد ٠ وعموما ففي وجود مواضع التحام كافيه لا يظهر هذا التضاد ٠ ولكن يظهر في وجود حوامل شديدة التخصص ٠

٦- النمو Growth :

عموماً فإن الأنسجة الحديثة أو المرستيمية يزيد فيهـا الامتـصاص، ويتطـور لنسيج وتغليظه يقلل الامتصاص والمناطق المسوبرة علـى الجـذور غيـر صـالحة للامتصاص وزيادة النشاط الأيضي يزيد استهلاك العناصر وبالتالي الامتصاص كما أن لنمو الخضري المتزايد يكون مصحوبا بزيادة تحركات الماء فيزيد الامتصاص·

نتقال العناصر الغذائية داخل النبات :

تدخل الأيونات إلى خلايا البشرة عن طريق الامتصاص السلبي والانتقال النشيط معاً· حيث يدخل إلى الحيز الظاهري الحر بالامتصاص السلبي ثـم ينتقـل بالانتقـال لنشيط إلى الحيز الداخلي Inner space وتتحرك داخل خلايا البشرة بحرية حتى تصل لى نسيج القشرة الداخلي Endodermis حيث تلاقي ما يعيق تقدمها وهو الأشـرطة لكسبرية والتحرك خلال خلايا البشرة يكون عـن طريـق Plasmodia estate أو لطرق البلازميدية بين خلايا البشرة ·

يوجد تدرج في تركيزك أ٢ المتزايد و ك أ٢ المتناقص من القشرة إلى الحزمـة لوعائية وبالتالي فإن النشاط الأيضي وبالتالي الامتصاص النشيط يقل فـي المنطقـة لمحيطة بأوعية الخشب فتميل هذه المنطقة إلى فقد الأمـلاح· ونظـراً لأن الانتـشار لعكسي خلال الحزام الكسبري الغير منفذ يعتبر مستحيلاً فإن ذلك يعني أن هناك اتجاه واحد ووحيد للتخلص من هذه الأملاح وهو الاتجاه إلى داخل أوعية الخشب ·

تتحرك الأملاح المتراكمة في أوعية الخشب من الجذر إلى الأفرع ومنها يعاد توزيعها في أنحاء النبات وعموماً فإن هذه التحركات تحدث في الأنسجة الوعائيـة وباسـتخدام لعناصر المشعة أمكن تحديد طرق واتجاهات هذه العناصر وهي :-

١- الانتقال لأعلى في أنسجة الخشب:

ويتم بواسطة تيار النتح من أسفل الجذر إلى أعلى الساق ، وقد لوحظت هذه الحركة باستخدام عناصر مشعة وتحليق للحاء حيث لوحظ أن الانتقال لأعلى استمر رغم التحليق إلا أنه بدرجة أقل إلى حد ما مما يدل على أن هناك احتمال انتقال لأعلى داخل اللحاء أيضاً ·

٢- الانتقالات الفرعية للأملاح :

يعتقد أن نسيج الكمبيوم الفاصل بين الخشب واللحاء يقوم بتنظيم كمية الأملاح المنقولة لأعلى مع تيار النتح ويساعد على ذلك ما يحدث من تراكم تنشيط للأملاح في أنسجة الكمبيوم ، فلو أن عنصر ما كان موجوداً بتركيز عالي في اللحاء وحدث توازن بين اللحاء والكمبيوم فإن التدخل في مرور هذا العنصر مع تيار النتح يكون ضئيلاً ، ومن ناحية أخرى لو أن هذا العنصر موجود بتركيز منخفض في اللحاء فإن انتقاله من الخشب إلى اللحاء خلال الكمبيوم يكون سريعاً ·

٣- انتقال الأملاح في اللحاء :

لوحظ في اللحاء حركة ذات اتجاهين : اتجاه لأعلى للأملاح المتساوية من الخشب عن طريق الكمبيوم · واتجاه لأسفل للأملاح الخارجة من الورقة التي تعاود الحركة لأعلى عن طريق اللحاء أو خلال الكمبيوم عن طريق الخشب ·وهذه الحركة ذات الاتجاهين Bi- directional للأملاح تكون مميزة لأنسجة اللحاء ·

٤- انتقال الأملاح إلى خارج الورقة :

لوحظ أن أوراق النبات المتساقطة تحدث حركة للأملاح قبيل التساقط إلى خارج الورقة حيث تخرج بعض العناصر مثل النيتروجين والبوتاسيوم والفوسفات والكبريت· وتحت ظروف خاصة قد يخرج الحديد والماغنسيوم بينما لا يخرج عناصر أخرى مثل الكالسيوم البورون والمنجنيز والسليكون ·

والمواد الخارجة من الورقة تظهر أولاً في اللحاء حيث تتحرك لأسفل ثم تتحرك حركة فرعية خلال الكمبيوم إلى الخشب وهنا تتحرك لأعلى في الخشب ولأعلى وأسفل ي اللحاء · وقد يتحرك الفوسفور من الأوراق السفلية لأسفل إلى الجذر بينما يتحـرك لفوسفور من الأوراق العلوية لأعلى في الساق · وتـستقبل الأوراق الـصغيرة هـذه لعناصر وتلاحظ هذه الظاهرة مثلاً عند نقص النيتروجين والفوسفور في التربة فـإن لأعراض تظهر أولاً على الأوراق السفلى حيث تهاجر منها العناصـر إلـى الأوراق لأصغر التي يتأخر ظهور أعراض النقص عليها ·

مراجع مختارة :

1- Asher, C. J and Edwards, D. G.(1983) : Modern solution culture techniques . In Inorganic Plant Nutrition (Encyclopedia of Plant Physiology, New Series, Vol. 15B), A.Läuchli and R. L. Bieleski, eds., Springer, Berlin, pp. 94-119 .

2- Bloom, A. J. (1994) : Crop Yield, K. J. Boote, J. M. Bennett. T. R. Sinclair, and G. M. Paulsen, eds., Soil Science Society of America, Inc., Madison, WI, pp. 303-309 .

3- Bloom, A. J.; Jackson, L. E. and Smart, D.R. (1993) : Root growth as a function of ammonium and nitrate in the root zone . Plant Cell Environ. 16: 199-206 .

4- Bret-Harte, M. S. and Silk, W. K. (1994) : Nonvascular, symplasmic diffusion of sucrose cannot satisfy the carbon demands of growth in the primary root tip of *Zea mays* L. Plant Physiol. 105: 19-33 .

5- Brundrett, M. C. (1991) : Mycorrhizas in natural ecosystems . Adv. Ecol. Res. 21: 171-313 .

6- Clarke, S. M. and Eaton-Rye, J.J. (2000) : Amino acid deletions in loop C of the chlorophyll a-binding protein CP47 alter the chloride requirement and/or prevent the assembly of photosystem II . Plant Mol. Biol. 44: 591-601 .

7- Epstein, E. (1999) : Silicon. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 50: 641-664.

8- Foehse, D.; Claassen, N. and Jungk, A. (1991) : Phosphorus efficiency of plants . Significance of root radius , root hairs and cation-anion balance for phosphorus influx in seven plant species . Plant Soil 132: 261-272

9- Harling, H.; Czaja, I.; Schell, J. and Walden, R.(1997) : A plant cation-chloride co-transporter promoting auxin-independent tobacco protoplast division . EMBO J. 16: 5855-5866 .

10- Hasegawa, P. M ; Bressan, R. A.; Zhu, J. K. and Bohnert, H. J.(2000) : Plant cellular and molecular responses to high salinity . Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 51: 463-499 .

11- Loomis, R. S. and Connor, D. J.(1992) Crop Ecology : Productivity and Management in Agriculture Systems . Cambridge University Press, Cambridge .

12- Macek, T.; Mackova, M., and Kas, J. (2000) : Exploitation of plants for the removal of organics in environmental remediation . Biotech. Adv.18: 23-34 .

13- Marschner, H. (1995) : Mineral Nutrition of Higher Plants, 2nd ed. Academic Press, London .

14- Nolan, B. T. and Stoner, J. D. (2000) : Nutrients in groundwater of the center conterminous United States 1992-1995 . Environ. Sci. Tech. 34: 1156-1165 .

15- Rovira, A. D.; Bowen, C. D. and Foster, R. C. (1983) : The significance of rhizosphere microflora and Mycorrhizas in plant nutrition . In Inorganic Plant Nutrition (Encyclopedia of Plant Physiology, New Series, Vol. 15B) A. Läuchli and R. L. Bieleski, eds., Springer, Berlin, pp.61-93 .

16- Sanders, D.; Brownlee, C. and Harber J. F. (1999) : Communicating with calcium. Plant Cell 11: 691-706 .

17- Sharp, R. E.; Hsiao, T. C. and Silk, W. K. (1990) : Growth of maize primary root at low water potential . 2. Role of growth and deposition of hexose and potassium in osmotic adjustment . Plant Physiol. 93: 1337-1346 .

18- Shelp, B. G. (1993) : Physiology and biochemistry of boron in plants . In Boron and Its Role Crop Production, U. C. Gupta, ed.,CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 53-85 .

19- Smith, S. A.; Read, D. J. and Harley, J. L. (1997) : Mycorrhizal symbiosis . Academic Press, San Diego, CA .

20- Stewart, G. R. and Ahmad, I (1983) : Adaptation to salinity in angiosperm halophytes . In Metals and Micronutrients : Uptake and Utilization by Plants, D. A. Robb and W. S. Pierpoint, eds., Academic Press, New York, pp. 33-50 .

21- Taylor, A. R. and Blom, A. J. (1998) : Ammonium, nitrate and proton fluxes along the maize root . Plant Cell Environ. 21: 1255-1263 .

22- Weathers, P. J. and Zobel, R. W. (1992) : Aeroponics for the culture of organisms, tissues and cells . Biotech. Adv. 10: 93-115 .

23- Wilcox, H. E. (1991) :Mycorrhizae . In Plant Roots : The Hidden Half, Y. Waisel, A. Eshel, and U. Kafkafi, eds., Marcel Dekker New York, pp. 731-765 .

24- Ziegler, H. (1987) : The evolution of stomata . In Stomatal Function , E. Zeiger, G. Farquhar, and I. Cowan, eds., Stanford University Press, Stanford, CA, pp. 29-57 .

الفصل السابع

الإنزيمات

Enzymes

مقدمة :

إن من أهم مظاهر الحياة فى النبات بناء مركبات معقدة من مواد بسيطة أوالعكس أى تفتيت المركبات المعقدة الى مواد أبسط منها ومن المعروف أن الخلايا التى تحوى البلاستيدات الخضراء تنفرد بتكوين المواد الكربوايدراتية من مواد بسيطة بينما يبدوا أن كل خلية نباتية لها القدرة على تكوين مواد عضوية معقدة من آخرى أقل تركيباً وعلية فكل خلية اذن مركزا لعدد كبير من التفاعلات الكيميائية يتحكم فى سرعتها واتجاهها وتنظيمها جهاز خاص يؤدى التفاعلات طبقا لبرنامج معين يعرف الانزيم بانه عامل مساعد عضوى حيوي ذو وزن جزئيئ كبير شديد الحساسية لدرجات الحرارة المرتفعة ويختص كل انزيم بتنشيط تفاعل او اكثر دون ان يتاثر بذلك التفاعل·

الصفات الطبيعية للانزيمات :

لقد أظهرت الدراسات الاولى للأنزيمات أنها تشترك مع البروتينات فى كثير من الخواص وقد فشل الباحثون الأوائل فى عزل الإنزيمات حتى أمكن من عزل إنزيم اليوربيز على شكل بللورات نقية وأثبت أنها عبارة عن بروتين ومنذ ذلك الحين أمكن عزل عدد من الإنزيمات من النباتات وقد أثبت دراستها أنها بروتينات بالرغم من أن كثيراً منها يحتوى على مجموعات غير بروتينية مرتبطة بجزئيات البروتين ·

وبروتينات الإنزيمات ذات وزن جزئيى كبير فإنزيم البيروكسيديز الذى يعتبر من أصغر الإنزيمات وزنه الجزئيى حوالى ٤٠٠٠٠ بينما إنزيم الكاتاليز وزنه الجزيئي يبلغ ٢٤٨٠٠٠ وإنزيم اليورييز وزنه الجزيئي ٤٨٣٠٠٠٠ · تشترك الإنزيمات البروتينات الأخرى فى تأثرها بالحرارة المرتفعة فإذا ما ارتفعت درجة الحرارة للغليان ولو لفترة وجيزة تخثر البروتين ورسب وبذلك يفقد الإنزيم نشاطه · وهناك مواد تؤثر ايضا فى البروتينات والإنزيمات تأثيرا مشابها لتأثير الحرارة المرتفعة ومن هذه المواد أيونات المعادن مثل الرصاص والزئبق والفضة وكذلك الأحماض والقواعد والأشعة فوق البنفسجية·

تتميز البروتينات وهى المادة الأساسية فى تكوين الإنزيمات بانهــا ذات طبيعــة مزدوجة أى أنها تتأين إما كحامض أو كقلوى ويتوقف ذلك على درجة تركيــز أيــون الإيدروجين فى الوسط الخارجى ، وعند درجة تركيز خاصـــة لأيــون الإيــدروجين يحتوى جزئ البروتين على عدد متساوى من كل من الشقين الحامــضى والقلــوى ، ولذلك يكون الأيون متعادلا من حيث الشحنات الكهربائية ، وتعرف هذه الدرجة بنقطة التعادل وهى نقطة مميزة لكل نوع من أنواع البروتينات ، ترجع أهمية تلك الظــاهرة بالنسبة للأنزيمات إلى أن حيوية كل إنزيم تتوقف على طبيعة تأين جــزئ البــروتين المكون له ، وبعبارة أخرى تتوقف حيوية الإنزيم على درجة تركيز أيون الإيدروجين فى وسط التفاعل ولذلك فقد وجد لكل إنزيم درجة مثلى لأيون الإيــدروجين pH يبلــغ تأثيره عندها حده الاقصى.

التركيب الكيميائى للإنزيمات :

إن التقدم فى دراسة خواص الإنزيمات قد مكن الباحثين من تقسيم الإنزيمات من حيث تكوينها ، إلى القسمين الآتين :

١- الإنزيمات التى تتكون من البروتينات البسيطة : وتشمل عدد من الإنزيمات المحللة مثل إنزيم اليورييز وإنزيم الأميليز وهذه الإنزيمات تتكون كليا من أحماض أمينية ٠

٢- الإنزيمات التى تتكون من شقين: أحمدهما بروتينى والآخر غير بروتينى يتكــون من ذرة معدنية أو جزئ عضوى ، ويعرف هذا الــشق باســم المجموعـــة الغيــر بروتينية ٠ ولاشك أن المجموعات الغير بروتينة هى جزء من المركز الفعال لجزئ الإنزيم ٠ وقد دلت الابحاث على أنه يمكن فصل المجموعة الغير بيروتينيــة عــن الشق البروتينى فى بعض الإنزيمات فى حين لا يمكن حدوث ذلك فى البعض الآخر نظراًلأرتباط الشقين ٠

من الملاحظ أن عزل إنزيم ما ، بإستعمال طريقة الفصل الغــشائى للــذائبات ، غالبا ما يؤدى إلى تغير حدث فى طبيعة الإنزيم ، ولكن يرجع إلى إزالة بعض المــواد

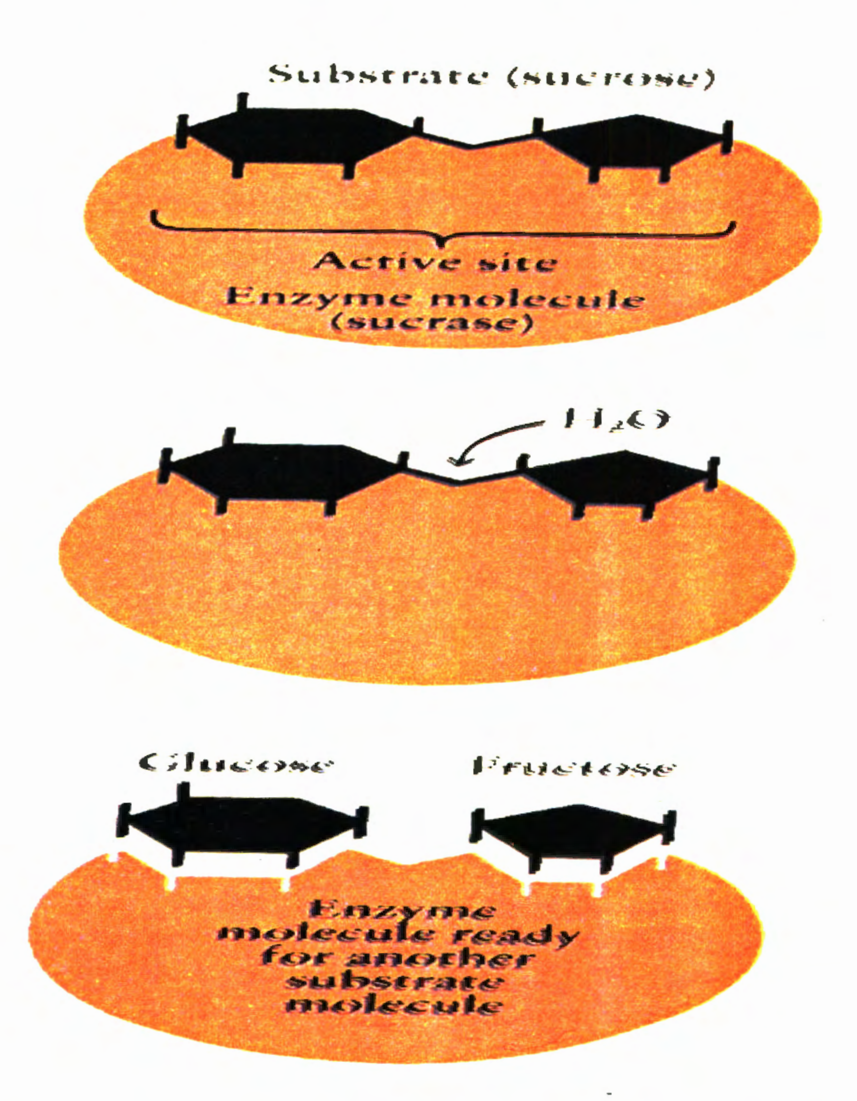
القابلة للفصل الغشائى والتى تعرف فى هذه الحالة باسم قـرين الإنـزيم او المرافـق الانزيمى Co-enzyme وكذلك العامل المعاون Co-factor وهذه المواد لازمة لنشاط الانزيم ويسمى الشق البروتينى بأصل الإنزيم أى ان الإنزيم فى هذه الحالة يتكون مـن أصل الإنزيم + قرين الإنزيم او العامل المعاون · وقرين الإنزيم أو العامـل المعـاون عادة لا يتاثر بالحرارة بعكس أصل الإنزيم كما أنه يعتبر جزء متمم للانزيم الخـاص به·

أشارت الدراسات الأنزيمية الى أنة يلزم لكى يقوم الأنزيم بعملة على أى مـادة تفاعل Substrate من الناحية الكيميائية وجود التالى:

أ – لابد من وجود مواقع مقابلة من الأنزيم والمادة المتفاعلة ولا يقل عادة عن ثلاثـة مواقع ·

ب – نشاط الثلاثة مواقع للأنزيم تكون مختلفة أو غير متناظرة ·

ج – يجب أن تحتوى المادة على مجموعتين مماثلة للإنزيم مع مجموعتين آخـرتين غير متماثلة وتكون المجموعات الأربعة متصلة بذرة كربون كما بالـشكل ١٨ يوضح أنة يلزم لكى يقوم الأنزيم بعملة على آى مادة تفاعل من وجـود مواقـع مقابلة من الأنزيم والمادة المتفاعلة ولا يقل عادة عن ثلاثة مواقـع ' ويجـب أن تكون المواقع للأنزيم مختلفة أو غير متناظرة كما يجب أن تحتوى المادة علـى مجموعتين مماثلة للأنزيم مع مجمـوعتين آخـرتين غيـر متماثلـة وتكـون المجموعات الأربعة متصلة بذرة كربون·



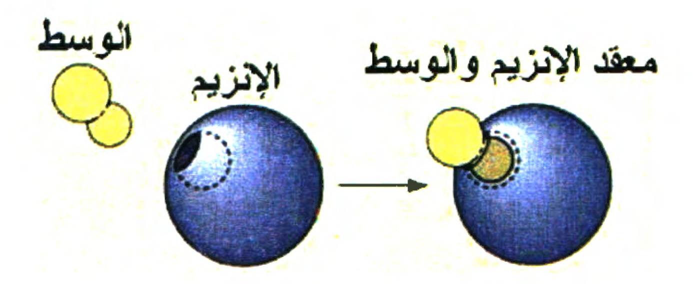
(**الشكل١٨**): يوضح انة يلزم لكى يقوم الأنزيم بعملة على آى مادة تفاعل من وجود مواقع مقابلة من الأنزيم والمادة المتفاعلة ولا يقل عادة عن ثلاثة مواقع ٠ويجب أن تكون المواقع للأنزيم مختلفة أو غير متناظرة كما يجب أن تحتوى المادة على مجموعتين مماثلة للنزيم مع مجموعتين آخرتين غير متماثلة وتكون المجموعات الأربعة متصلة بذرة كربون ٠

طبيعة عمل الإنزيم The nature of enzyme action :

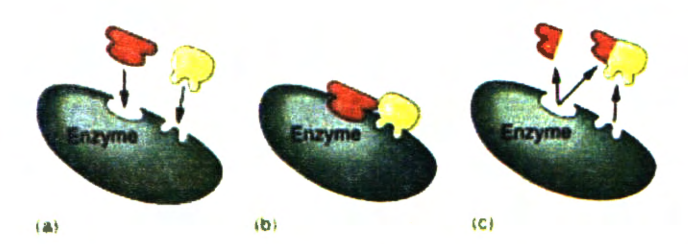
- قد كان يعتقد أن الإنزيم لا يتحد مطلقاً من مادة التفاعل Substrate وإنما يهيئ وسطاً صالحاً لحدوث التفاعل إذ أن جزيئات مادة أو مواد التفاعل تتجمع تجمعا سطحياً حول دقائق الإنزيم الغروية حيث تتلامس هذه الجزيئات ويتم التفاعل بينها ثم تنتشر المنتجات النهائية وتحل محلها جزيئات جديدة تتفاعل وهكذا.

- وهناك رأى آخر يقول أن التفاعل الإنزيمى يحدث نتيجة لإتحاد المادة إتحادا فعليا بالإنزيم مكوناً مركباً ما وهذا الاتحاد مؤقت إذ ينحل هذا المركب سريعا بعد احداث تغيير فى مادة التفاعل إلى الإنزيم الاصلى ونواتج التفاعل ثم يتحد الإنزيم من جديد بكمية أخرى من مادة التفاعل.

- إن جزيئات مادة التفاعل (أ) فى محلول ما تحتوى على كمية من الطاقة لذلك فهى دائمة الحركة والتصادم بعضها ببعض ، فإذا ما إكتسبت تلك الجزيئات كمية طاقة كافية لبدء التفاعل مع جزئ مادة ثانية (ب) فأن نتيجة لتصادمها فإنها تصبح قادرة على التفاعل والتحول إلى المادة جديدة (أب أو ج) . لذلك تعرف كمية الطاقة التى يجب لجزيئات المادة أن تكتسبها حتى تتفاعل بطاقة التنشيط Energy of activation وبتتبع تأثير الإنزيم فى مثل هذه التفاعلات فقد وجد أن الإنزيم يسبب نقص كمية طاقة التنشيط اللازمة لاتمام التفاعل لجزئ المادة أ لتتحول إلى المادة ج ، وينتج عن ذلك أن عدداً أكبر من جزيئات المادة سوف يصل لمستوى طاقة التنشيط اللازمة فى وحدة الزمن وبذلك تزيد سرعة التفاعل ، وقد قدرت طاقة التنشيط اللازمة للتحليل الحامضى لجزئ السكروز على ٢٥°م بمقدار ٢٥٥٦٠ كالورى ، بينما طاقة التنشيط اللازمة لتحليل جزئ السكروز فى وجود إنزيم السكريز على درجة ٢٥°م تساوى ٨٧٠٠ سعراً .



• لذلك فمن المعتقد أن الإنزيم يقلل من طاقة التنشيط اللازمة لجزئ المادة المتفاعلة اى توصيل طاقة المادة الى طاقة التنشيط لكى تتفاعل وذلك عن طريق اتحاده معها فيكون معقد انزيمى ذو طاقة تنشيط أقل آى أن الأنزيم يخفض طاقة التنشيط اللازمة لأتمام التفاعل .



تخصص الإنزيمات Specificity of enzymes :

• إن التخصص من أهم مميزات الإنزيمات ويقصد بالتخصص أن لكل إنزيم مادة معينة أو مجموعة مواد متشابهة كيماوياً يستطيع أن يوثر فيها دون غيرها ولتخصص الإنزيمات درجات متفاوتة .

• فهناك إنزيمات تتخصص فى التاثير على المواد ذات التشابه الفراغى ويعرف هذا التخصص بإسم تخصص التشابه الفراغى Stereo-chemical Specificity فالمعروف أن معظم المواد الكيماوية التى تتكون أثناء عمليات الهدم والبناء داخل الخلايا الحية ذات التشابه فراغى أى أن منها المركبات اليمينية والمركبات اليسارية ولقد بلغت معظم الإنزيمات درجة كبيرة فى تخصصها بحيث أنها تؤثر فقط فى

المركب اليمينى مثلا دون شبيه اليسارى · ومثال ذلك إنزيم Lactic dehydrogenase الذى يؤثر فقط فى حامض اللكتيك اليسارى ويعطى حامض البيروفيك ويمكن لهذا الإنزيم أن يؤثر فى حامض اللكتيك اليمينى ·

- ويمكن تمييز أنواع أخرى من الإنزيمات تختلف درجة التخصص فيها طبقاً للتركيب الكيميائى للمواد المتفاعلة · فهناك الإنزيمات ذات التخصص المنخفض Low Specificity وتتخصص هذه الإنزيمات طبقاً لنوع الرابطة التى تربط شقى جزئ المادة المتفاعلة · فمثلا يجب أن يكون هذه الرابطة رابطة استر فى حالة الليبز Lipase ورابطة بيتيد فى حالة بيتيديز Peptidase ورابطة جليكوسيد فى حالة جليكوسيديز Glucosidase .

- وهنالك نوع أخر من الإنزيمات يكون فيها التخصص تخصص مجموعة Group Specificity وهو واسع الانتشار فى الإنزيمات التى تؤثر فى المواد الكربوايراتية .

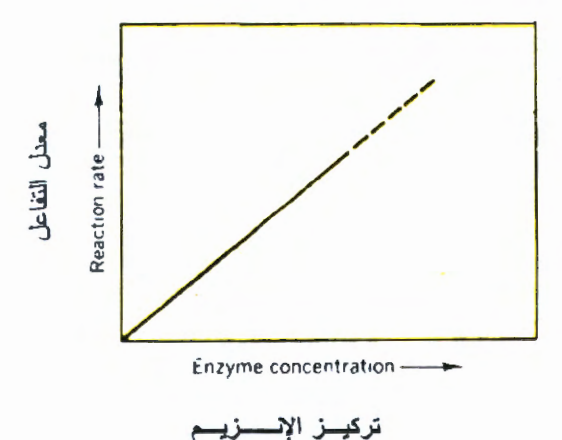
- وهناك تخصص للإنزيمات يعرف بالتخصص المطلق Absolute Specificity ومثال بأن يقوم الأنزيم بالتفاعل مع تركيب معين كأن يقوم انزيم الكينيز Kinase بأدخال مجموعة الفوسفات على الالدوزات فى وجود ATP فأذا قام الانزيم بذلك التفاعل على الجلوكوز فقط دون غيرة من السكريدات سمى أن تخصص الانزيم مطلق وسمى بأسمه Glucokinase وكما فى إنزيم المالتيز فهو لا يؤثر إلا فى سكر المالتوز فقط ، ولا يؤثر فى المركبات الاخرى التى تحتوى على رابطة الالفاجليكوسيدات ، اما اذا كان للأنزيم تأثير على محموعة الالدوزات جميعها بأن ينقل لها مجموعة الفوسفات من ATP او يحلل الرابطة الجلوكوزيدية فأن ذلك الأزيم يكون متخصص تخصص نسبى Relative Specificity .

العوامل التى تؤثر سرعة عمل الإنزيم :

أولاً : تركيز الإنزيم Enzyme Concentration :

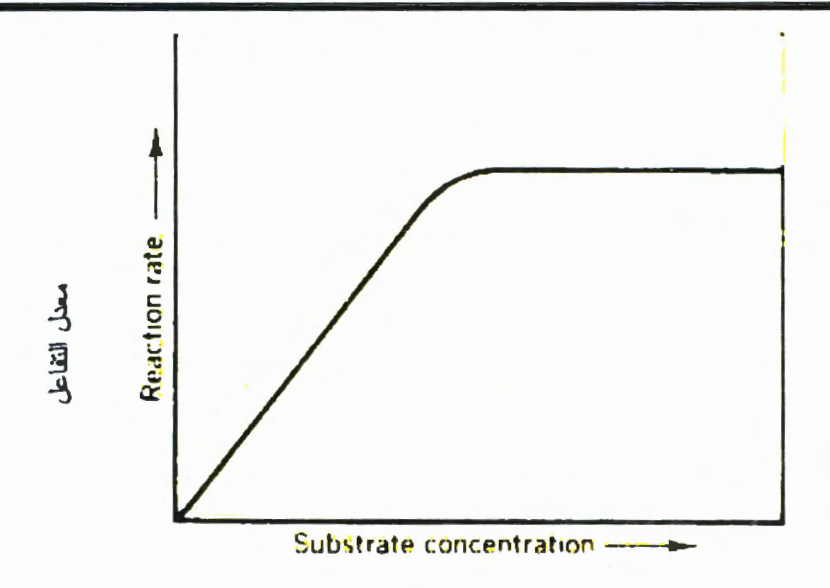
دلت الابحاث الخاصة بدراسة قوة تنشيط الإنزيمات خارج الخلايا الحية *In vitro* أن سرعة التفاعل تتناسب بوجه عام مع كمية الإنزيم المضافة هذه العلاقة صحيحة خصوصاً خلال الفترات الأولى للتفاعل حيث تكون كمية مادة التفاعل كبيرة نسبياً ، وبتقديم التفاعل ينخفض تركيز مادة التفاعل بينما تتراكم نواتج هذا التفاعل ، ولذلك لن تستمر سرعة التفاعل الا اذا تم المحافظة على وجود مادة التفاعل بكمية أكبرمن تركيز الأنزيم فأن سرعة التفاعل سوف تتناسب طرديا مع زيادة تركيز الأنزيم .

فى وجود تركيز من مادة التفاعل أكبر من تركيز الأنزيم فأن سرعة التفاعل الأنزيمى تتناسب طرديا مع تركيز الأنزيم كما بالرسم البيانى



ثانيا : تركيز مادة التفاعل Substrate Concentration :

عند المحافظة على تركيز ثابت من الأنزيم وتغير تركيز المادة المتفاعلة فيمكن وصف التغير فى سرعة التفاعل النزيمى بالمنحنى التالى :



تركيــز الوســـــــط

فعند افتراض بأن جزيئات الأنزيم تتحد بالمادة المتفاعلة فأنه عنــد التركيــزات المنخفضة من المادة المتفاعلة تكون جزيئات الأنزيم ليست جميعها متحدة مع جزيئات المادة المتفاعلة ، وباضافة مادة متفاعلة جديدة يرتبط جزئ أكبر من جزيئات الأنزيم به ويزداد معدل التفاعل حتى تصبح كل الجزيئات الأنزيمية مشبعة ولا تتأثر بالزيادة فى تركيز المادة المتفاعلة عندئذ فأن معدل التفاعل الانزيمى سوف يثبت على ذلك.

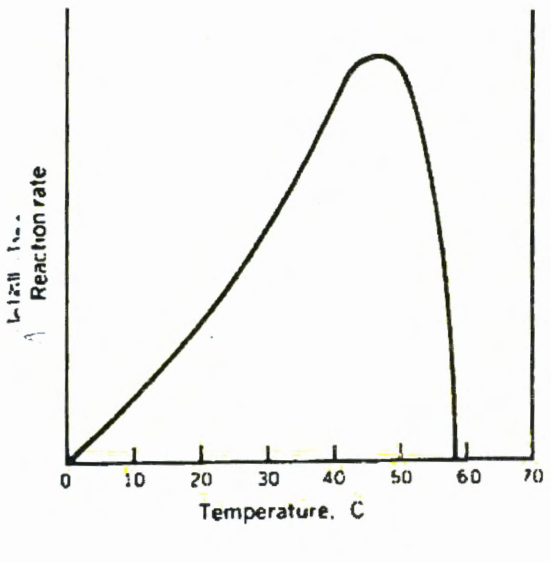
ثالثا : تأثير درجة الحرارة Temperature Effect:

تختلف الإنزيمات عن العوامل المساعدة الغير عضوية فى أن الأولى تفقد قــوة تنشيطها أو تتلف عند درجات حرارة قريبة من درجة غليان الماء بل يقــف مفعــول معظم الإنزيمات فى الوسط السائل عند درجات أعلى من ٥٠ °م ، بينما تتلف تمامــاً بين درجتى ٦٠ – ٧٠ °م ويرجع تلف الإنزيم عند درجات الحرارة المرتفعــة إلــى ظاهرة التجلط (التجمع Coagulation) والتى تحدث للبروتينــات عمومــا بإرتفــاع درجة حرارتها حيث تتغير طبيعة البروتين الإنزيمى لفقد الــروابط الخمــس الــسابق

ذكرها والتى تحافظ على التوزيع الفراغى والطى البروتينى نظرا لان تلك الروابط روابط ضعيفة.

توجد عدة عوامل تزيد من قدرة الإنزيمات على تحمل درجات الحرارة المرتفعة، منها درجة الجفاف النسبى للوسط الموجود فيه الإنزيمات ، فقد وجد أن الإنزيمات الموجودة فى البذور تتحمل درجات الحرارة مرتفعة قد تصل إلى ١٣٠م أو أكثر ، وتتوقف درجة الحرارة التى تتلف عندها الإنزيمات على بعض صفات وسط الأنتشار . فقد وجد مثلا أن درجة تركيز أيون الأيدروجين pH لها تأثير واضح على درجة تأثير الإنزيمات بالحرارة ووجود المادة المتفاعلة أو محلول التفاعل فى وسط الأنتشار يؤخر كثيراً او قد يمنع كليا الأثر الضار الذى قد تسببه درجة حرارة معينة فى حالة عدم وجود تلك المواد . وسرعة التفاعل الإنزيمى لا تتاثر بدرجة الحرارة فقط بل وكذلك بطول الفترة التى يحدث فيها التفاعل عند درجة الحرارة المعينة . لذلك تتضح أهمية إعتبار عامل الوقت عند دراسة أثر الحرارة على التفاعل الانزيمى.

إن تأثير الأنزيم بالحرارة يكون فى مدى ضيق من درجات الحرارة فأرتفاع درجة الحرارة يسبب إزدياد سرعة التفاعل فعند درجة الصفر المئوى تكون سرعة التفاعل الأنزيمى تساوى صفرا وتزداد تدريجيا مع زيادة درجة الحرارة إلى أن يصل إلى درجة الحرارة المثلى التى تعتبر أنسب درجات حرارة لعمل الإنزيم . يمكن حفظ التفاعل عند سرعة ثابتة لوقت طويل عند درجة الحرارة أقل من الدرجة المثلى ولكن تقل السرعة عند درجات الحرارة أعلى بمرور الوقت . تقع درجة الحرارة المثلى لإنزيم ما تبعاً لاختلاف درجة التركيز أيون الايدروجين لوسط التفاعل وكذلك تبعاً للنسبة بين تركيزى الإنزيم ومادة التفاعل .ثم يبدأ التاثير الهادم للحرارة على معظم الإنزيمات الذاتية إذا ما ارتفعت عن ٤٠° م ، درجة الحرارة المثلى هى الدرجة التى تتعادل عندها الزيادة فى سرعة التفاعل مع الفعل الهادم لتلك الدرجة على الإنزيم.



تركيز الوسط

ويكون معدل الزيادة فى سرعة التفاعل الأنزيمى بمعدل ٢٫٥ مرة كل ارتفاع قدرة عشر درجات مئوية فوق الصفر حتى تصل للدرجة المثلى والتى فى الغالب تتراوح بين ٢٥-٢٧ °م ثم يقل التفاعل ليصبح صفرا عند ٦٠ °م

ويُرجع البعض تأثير درجة الحرارة على زيادة معدل التفاعلات الإنزيمية وحتى الدرجة المثلى الى :

أ - التأثير على ثابت الإنزيم Enzyme Stability وزيادة الطاقة الحركية ٠

ب - تأثيرها على جاذبية الإنزيم للمادة المتفاعلة ٠

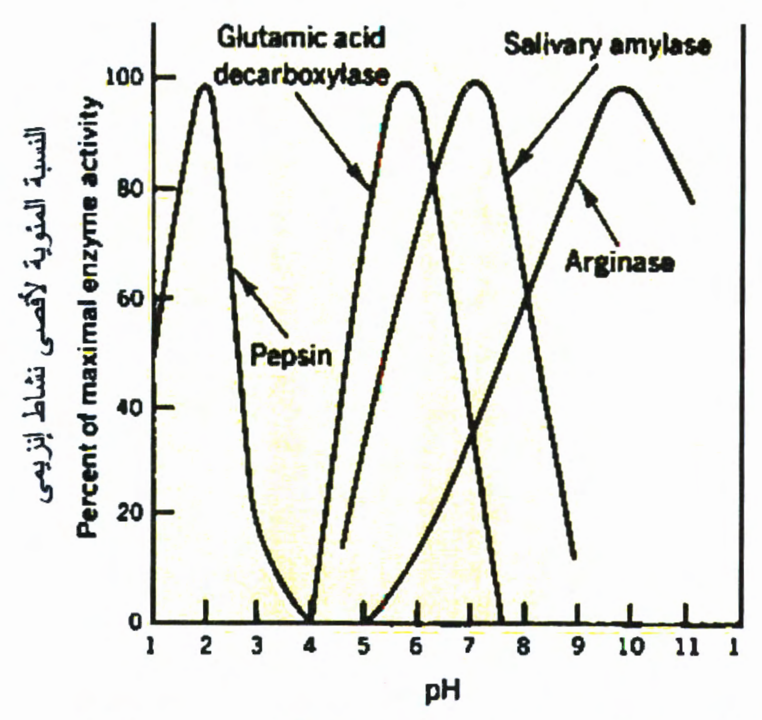
ج - تأثيرها على درجة تأين مكونات التفاعل وهى محددة بحرارة التأين ٠

رابعا: تأثير درجة تركيز أيون الايدروجين Hydrogen ion concentration pH :

تعتبر درجة تركيز أيون الايدروجين فى وسط التفاعل من أهم العوامل التى تؤثر على سرعة عمل الإنزيم ٠ ولكل إنزيم درجة مثلى لتركيز أيون الايدروجين يبلغ عندها الإنزيم أقصى نشاطه ، ويقل هذا النشاط كثيراً خارج حدود تلك الدرجة ٠

وتختلف الدرجة المثلى لإنزيم ما طبقاً لعدة عوامل منها مصدر الإنزيم ودرجة الحرارة التفاعل وكذلك مدة حفظ الإنزيم تحت ظروف معينة ٠

تنحصر الدرجة المثلى لأيون الايدروجين لمعظم الإنزيمات المحللة بين pH 7- 4 وتحفظ أنزيمات التأكسد والاختزال بأقصى نشاطها فى المحاليل المتعادلة أو القلوية نوعاً ما٠



خامسا : تأثير المنشطات والمثبطات Activators and Inhibitors:

وجد أن الأملاح وغيرها من المواد الذائبة تؤثر على نشاط الإنزيمات، فبينما يسبب بعضها تنشيطاً للتفاعلات الإنزيمية يسبب البعض الاخر تثبيطا وسبب التنشيط غير معروف ولكن يحتمل أن بعضاً من هذه الأملاح تعمل كعامل معاون للإنزيم ٠

أما المثبطات فقد يرجع التاثير المثبط للادمصاص أو التجمع السطحى للمواد المثبطة على المراكز الفعالة بالإنزيم ، أو يرجع التثبيط لتفاعل المثبطات مع مادة

التفاعل أو للتأثير السام للمثبطات على بروتينات الإنزيم كما فى حالة أول أوكسيد الكربون والسيانيد وكبريتات الكربامات وذلك لتقاربها مع المعادن الثقيلة والمثبطات أما تكون مواد غير عضوية أومواد العضوية مثل الكلوروفوم وقد يرجع تثبيط أكسيديز السيتوكروم بواسطة (CO) أو (CN) يرجع لأن كلا منهما يرتبط بحديد المجموعة الغير بروتينية وكذلك تقارب ثانى كبريتات الكربامات للنحاس يجعله مثبطاً قويا لأكسيديز حامض اسكوربيك · ومن الملاحظ أن بعض المثبطات ذات تاثير مؤقت أى يعاود الإنزيم نشاطه بزوال المادة المثبطه بينما البعض الاخر ذات تاثير مستديم ·

هناك أيضا تثبيط بالتنافس وهو يطلق على الحالات التى يكون فيها المادة المثبطة مشابة فى تركيبها للمادة المتفاعلة حيث تتنافس معها على المراكز النشطة بالإنزيم بما يؤدى الى زيادة تركيز المادة المتفاعلة ، كما ان هناك أيضا تثبيط غير متنافس راجع لخفض التركيز الفعال للإنزيم ·

سادسا : تراكم نواتج التفاعل :

إن تراكم نواتج التفاعل يقلل عادة من سرعة التفاعل الانزيمى ومثلة فى ذلك مثل التفاعلات الكيميائية العاديه ويعزى بطء التفاعل عند تراكم نواتجه لعدة أسباب منها أن زيادة كمية النواتج تعمل على اسراع التفاعل العكسى وبذلك تقل سرعة التفاعل الأصلى وقد تتراكم نواتج التفاعل على المراكز الفعالة للإنزيم فتقلل من قوة تنشيطه وقد تسبب نواتج التفاعل تغيير درجة تركيز أيون الايدروجين لوسط التفاعل وبذلك يصبح غير مناسب لعمل الإنزيم فمثلا ينتج عن تحليل الدهون جليسرول وأحماض دهنيه وتسبب الأخيرة انحراف درجة أيون الايدروجين فى وسط التفاعل للناحيه الحمضية وينتج عند تحلل اليوريا الى ثانى اكسيد الكربون والنشادر التى تسبب انحراف درجة تركيز أيون الايدروجين للناحية القلوية ·

سابعا: الماء :

لما كان الماء يدخل فى عمليات التحليل المائى لذلك لا يتم مثل هذا التحلل بدون وجود الماء فاذا بدأنا بمادة جافة بالتفاعل نلاحظ أن زيادة نسبة الماء تسبب زيادة فى سرعة التحلل نتيجة لنقص لزوجة وسط التفاعل وازدياد انتشار مادة التفاعل والإنزيمات والنواتج · يتضح تاثير زيادة الماء فى تنشيط الإنزيمات فى النسيج النباتى اثناء انبات البذور فنشاط الإنزيمات الموجودة فى البذور الجافة غير ملحوظ تقريبا فاذا ما امتصت البذور الماء ازداد نشاط الإنزيمات زيادة كبيرة بازدياد كمية الماء الممتص·

توزيع الإنزيمات داخل الخلية :

إن معظم الإنزيمات ، إن لم تكن جميعاً موجودة فى البروتوبلازم وقليل جداً ان وجدت فى الفجوة أو فى جدران الخلية وعلى ذلك يظهر أن معظم بروتين السيتوبلازم عبارة عن بروتين إنزيمى · كثير من الإنزيمات مرتبطة بالاجسام الموجودة فى البروتوبلازم فانزيمات التمثيل الكلوروفيللى موجودة فى البلاستيدات الخضراء و انزيم الفوسفوريليز المسئول عن التنفس يوجد فى الميتوكوندريا والأنزيمات المسئولة عن تكوين الأحماض النووية والبروتين النووى موجودة فى النواة وهكذا ·

تسمية وتقسيم الإنزيمات :

تسمى الإنزيمات وتقسم عادة طبقا للتفاعل أو للتفاعلات التى تقوم بتنشيطها ويسمى الإنزيم عادة باسم التفاعل مضافاً اليه المقطع ase بعد حذف المقطع الأخير من اسم مادة التفاعل فمثلا يسمى الإنزيم الذى يحلل سكر المالتوز باسم انزيم المالتيز maltaseوقد يسمى الإنزيم باضافة المقطع ase مباشرة إلى بسم مادة التفاعل مثل إنزيم dextrinase الذى يحلل الدكسترين dextrin إلى سكر المالتوز·

وتقسم الإنزيمات الى الاقسام التالية:

١- الإنزيمات الهاضمة

٢- إنزيمات التأكسد والاختزال

٣- إنزيمات الاضافة

٤- إنزيمات النقل

٥- إنزيمات التشابه

٦- إنزيمات الربط

اولا : الإنزيمات الهاضمة Digestive enzymes :

ينقسم هذا القسم من الإنزيمات ألى المجموعات التالية :

أ- إنزيمات التحلل المائى Hydrolases

تنشط إنزيمات هذه المجموعة التحليل المائى لمواد التفاعل الخاصة بهـا وذلـك باستعمال الماء وتتقسم إنزيمات هذه المجموعة إلى:

- إنزيمات تحلل المركبات الازوتية ومن هـذه الإنزيمـات البيـسين pepsin والتربيسين trypsin وهى تحلل البروتينات الى مركبات أبسط نتهـا ومنهـا كذلك البيتديزات peptidases وهى تحلل البيتيدات إلى احماض أمينية.

- إنزيمات تحلل المواد الكربوايدراتية وتشمل الإنزيمات التـى تحلـل المـواد الكربوهيدراتية مثل الاميليز الذى يحلل النشا الى سكر وكذلك إنزيم السيليوليز الذى يحلل السيلولوز إلى سيللوبيوز - وكذلك المـالتيز الـذى يحلـل سـكر المالتوز الى سكر جلوكوز وإنزيم Cellobiase الذى يحلل الـسللوبيوز إلـى

جلوكوز – وإنزيم السكريز sucrase الذى يحلل السكروز إلى جلوكوز وفركتوز ·

- إنزيمات تحلل المركبات الدهنية أو الأستيرايزات Esterases وتشمل هذه المجموعة الإنزيمات التى تنشط لتحليل المائى للسترات لمكونة من اتحاد الكحولات مع الأحماض العضوية أو الأحماض الغير عضوية مثل الليبيزات Lipases

ب – إنزيمات التحلل الفسفورى Phosphorylases :

الفوسفوريليزات هى المجموعة تنشط تحليل المواد المتفاعلة باستعمال حامض الفوسفوريك وتسمى هذه العملية بالفسفرة ومثل هذه الإنزيمات إنزيم Starch phosphorylase الذى يحلل النشا فى وجود حامض الفوسفوريك إلى الفا جلوكوز – ١ – فوسفات · و إنزيمات الفوسفاتيزات وهى الإنزيمات التى تحلل الأستيرات المكونة من اتحاد الكحولات مع حامض فوسفوريك وينتج من تحليل هذه الأستيرات الكحول و حمض الفوسفوريك ·

ثانيا : إ نزيمات التأكسدة والاختزال Oxido-reductase enzymes

الأكسدة كما هو معروف هى عملية اضافة أوكسجين أو فقد أيدروجين أو فقد الكترون آى زيادة الشحنة الموجبة الى المادة· يصحب عملية الأكسدة عادة عملية اختزال ناتجة عن فقد الأكسجين من مركب ما أو اكتسابه اما أيدروجين او الكترون وتنقسم إنزيمات هذا القسم الى المجموعات التالية :

- إنزيمات الأكسدة بنزع الأيدروجين Dehydrogenases

تقوم إنزيمات هذه المجموعة باكسدة المركبات بانتزاع ذرتي أيدروجين منها واضافتها لمركب اخر مسببة بذلك اختزاله ويسمى المركب الأول الذي يعطي الأيدروجين بالمختزل reductant أومانح الأيدروجين Hydrogen donator أما

المركب الثاني فيأخذ الأيدروجين ويعرف بالمؤكسد Oxidant أو قابل الأيدروجين Hydrogen acceptor وقد دلت الأبحاث الحديثة انه من الضروري وجود مرافقات أو قرائن إنزيمية لإنزيمات هذه المجموعة لتستطيع أداء عملها كما وجد أن المرافقات الأنزيمية التي تأخذ ذرتين الأيدروجين وتختزل وقد امكن حتى الأن تمييز مرافقي إنزيمين وهما المرافق الانزيمي NAD1 والمرافق الانزيمي NADP2

- إنزيمات الأكسدة بنزع الكترون الحديد Iron oxidases

تحتوي أنسجة النباتات على مجموعة من الإنزيمات تحتوي مجموعاتها المعدنية على الحديد مكونه مركب الهيماتين ومن هذه الإنزيمات ما يلي :

١- الكاتاليز Catalase في جميع النباتات الراقية وهذا الإنزيم لا يؤثر الا في مركب فوق اكسيد الايدروجين فيحلله الى ماء واكسجين ويحتمل ان يقوم هذا الانزيم بالتخلص من فوق اكسيد الايدروجين الذي يتكون اثناء التفاعلات الحيوية داخل الخلايا الحية والذي قد يسبب تراكمه اضراراً لتلك الخلايا .

٢- البيرواكيديز Peroxidas ويوجد هذا الانزيم في جميع انسجة النباتات تقريبا وهو يقوم بعمله في وجود فوق أكسيد الايدروجين ويسبب أكسدة مركبات كثيرة مثل مركبات الفينول والكريزول والهيدروكوينون.

- إنزيمات الأكسدة بنزع الكترون النحاس Copper oxidases

وتتميز إنزيمات هذه المجموعة باحتواء مجموعاتها الغير بروتينية على النحاس ومن امثلتها ما يلى :

١- اكسيديز احادي الفينول Mono phenol oxidase ويؤكسد المواد أحادية الفينولات مثل الكريزول فيعطي مركبات ثنائية الفينولات المناسبة .

٢ – اكسيديزات عديدة الفينولات Poly phenol oxidase لا تؤثر ال في المواد ثنائية الفينولات مثل الكاتيكول مكونة المركب المناسب من الأرثيوكينون وتؤثر هذه الأنزيمات أيضا على المواد ثلاثية الفينولات مثال بيروجالول ويلاحظ أن هذه المجموعة من الأنزيمات هي المسؤلة عن تلون الأنسجة المقطوعة والمعرضة للجو اذ انها هوائية لا تعمل الا في وجود الاكسجين ٠

ثالثا : انزيمات الاضافة Adding enzymes

يحوى هذا القسم انزيمات تستطيع تكوين مركبات جديدة وذلك باضافة مادة الى مركب معين ومن هذه الانزيمات ما يستطيع اضافة الماء او النشادر أو مواد اخري ومن أمثلة إنزيمات هذا القسم :

١ – فيوماريز Fumarase وهو الأنزيم الذي يساعد تكوين حامض الماليك باضافة الماء الى حامض فيوماريك ٠

٢ – أسبارتيز Aspartase ويساعد على تكوين حامض الأسبارتيك وذلك باضافة النشا الى حامض الفيوماريك ٠

رابعا : إنزيمات النقل Transferring enzymes

تستطيع نقل مجموعة أو شق من جزئ مادة الى جزئ مادة أخري ومن أمثلة هذه الإنزيمات إنزيم Hexokinase الذي يساعد نقل شق الفوسفات من مركب أدينوسين ثلاثي الفوسفات ATP الى الجلوكوز مكونا جلوكوز – ٦ – فوسفات ٠

خامسا : انزيمات التشابهة Isomerising enzymes

تستطيع إنزيمات التشابه تكوين المواد المتشابهه ومن أمثلتها :

١ – انزيمات التشابة الأيزوميرى مثل Phosphotriose isomerase الذى يساعد على تحول كل من فو – ثنائى هيدروكسى اسيتون و فو – جليسرالدهيد الى الاخر ٠

٢ ⁻ انزيمات التشابة الميوتيزى مثل فوسفوجلوكوميوتيز Phosphoglucomutase ويختص بتحويل الفاجلوكوز ⁻١⁻ فوسفات الى جلوكوز ⁻٦⁻ فوسفات وبالعكس.

سادسا : إنزيمات الاتصال Linking enzymes

وهى إنزيمات تساعد على عملية اتصال جزئين مع بعضهما ويصاحب هذا التفاعل كسر رابطة بيروفوسفاتية ويحتمل اشتراك نيوكليوتيد ثلاثي الفوسفات ATP في التفاعل ومن أمثلة إنزيمات الاتصال الانزيم المسمى ثيوكاينيز Thiokinase الذي يساعد اتصال جزئ الخلات acctate مع جزئ قرين الانزيم Co ~ A SH وذلك باشتراك أدينوسين ثلاثي الفوسفات ATP ويتكون مركب acetyl Co ~ A و أدينوسين أحادي الفوسفات AMP وينفرد ذرتين فسفور.

مراجع مختارة :

1- Bohinski, R.C. (1979): Modern Cocepts in Biochemistry, 3rd ed. Boston: Allyn and Bacon.

2- Goodwin, T.W. and Meercer, E.I. (1973): Introduction to plant Biochemistry. New York: Pergamon Press.

3- Lehninger, A.L. (1982): Principles of Biochemistry, New York: Worth.

4- McGilvery, R.W. and Goldstein, G. (1979): Biochemistry: A Functional Approoach. Philadelphia: Saunders.

5- Metzler, E.D. (1979): Biochemistry, New York: Academic Press.

6- Phillips, D.A.; Daniel, R.M; Appleby, C.A. and Evans, H.J. (1973): Isolation from Rhizobium of factors which transfer elecrons to soybean nitrogenase. Plant Physiol 51: 136- 141.

7- Preiss, J. and Kosuge, T. (1976): Regulation of enzyme activity in metabolic pathways. In J. Bonner and J.E. Varner, eds., Plant Biochemistry, 3rd ed. New York Academic Press.

8- Smith, H., ed. (1979): The Molecular Biology of Plant Cells. BerKeley: University of California Press.

9- Stryer, L. (1981) Biochemistry, 2nd ed. San Fracisco: Freeman.

الفصـل الثـامـن

الآيـض(التحـول الغـذائـى)

METABOLISM



مقدمة

يحصل النبات الأخضر على مواده الغذائية من البيئة المحيطة بــه وهــى فــى الغالب مركبات غير عضوية بسيطة يستطيع النبات أن يبنى منها أنواعا متعددة مــن المركبات التى تتفاوت فى درجة تعقيدها ، مثل المواد الكربوأيدراتية والمواد البروتينية والدهون والأنزيمات والفيتامينات والأحماض العضوية والهرمونات وغيرها لــذلك تعرف النباتات الخضراء بأنها ذاتية التغذية أى أنها تقوم بنفسها باعداد المادة العضوية اللازمة لنموها · أما النباتات غير الخضراء والحيوانات فتعرف بأنها غير ذاتية التغدية اذ أنه يلزم لنموها امدادها بالمواد العضوية المختلفة والتى تحصل عليها من النباتــات الخضراء · والنبات الأخضر يحصل على غذائه مــن مــصدرين الأول هــو التربــة ويحصل منها على الماء والأملاح الذائبة والمصدر الثانى هو الهواء ويأخذ منه النبات ثانى أوكسيد الكربون ، ويحتاج النبات لتكوين مثل هذه المركبات المعقده سالفة الــذكر الى تثبيت كميات كبيرة من الطاقة فى جزيئاتها وهذه الطاقه تبقى كامنة بها طالما بقيت هذه المواد على حالتها · ويطلق على العمليات الكيميائية التى تتم داخل النبات والتــى تؤدى الى تكوين هذه المركبات العضوية المختلفة اسم البناء ·

وقد يستخدم النبات بعض هذه المركبات فى بناء جسمه ، كما قد يتراكم بعــضها الاخر داخل الخلية النباتية وتستعمل تدريجيا فيما بعد فى عمليات أخرى ومــن هــذه العمليات عملية تجزئة أو تفتيت المركبات المعقدة الى مركبات أقــل تعقيــدا أو الــى مكوناتها الأصلية البسيطة ، وهذا يؤدى الى اطلاق بعض أو كل الطاقة التــى كانــت كامنه بجزيئات المركبات المعقدة ، وبذلك يتمكن النبات من استغلال هذه الطاقــة فــى عملياته الحيوية المختلفة · ويطلق على مثل هذه العمليات المؤدية الى اطلاق الطاقــة الكامنه اسم الهدم كما يطلق على ما يحدث داخل الخلايا النباتية مــن عمليــات البنــاء والهدم اسم الأيض أو التحول الغذائى ·

تحدث عمليتا البناء والهدم فى النبات جنبا الى جنب ، ويكون التوازن بين البناء والهدم فى صالح أولهما أثناء نمو النبات ، غير أنه يحدث أحيانــا ان يختــل النظــام

الداخلى للبروتوبلازم ويفقد سيطرته على عمليات التحول الغذائى نتيجة لعوامل داخلية أو خارجية عارضة مما يؤدى الى حدوث الانحلال الذاتى الذى ينتج عنه تراكم منتجات ليس من المألوف وجودها بالنبات فى الحالة الطبيعية ، فمثلا اذا وضع النبات فى وسط خال من الأوكسيجن – وهذه الحالة غير طبيعية بالنسبة للنبات – فان النبات يضطر الى التنفس اللا أكسجينى ويكون نتيجتها تراكم مواد ضارة وسامة بأنسجة النبات مثل الكحول والاسيتالدهيد ٠

مما تقدم يتضح أن التحول الغذائى يشتمل على عمليتين أساسيتين هما :

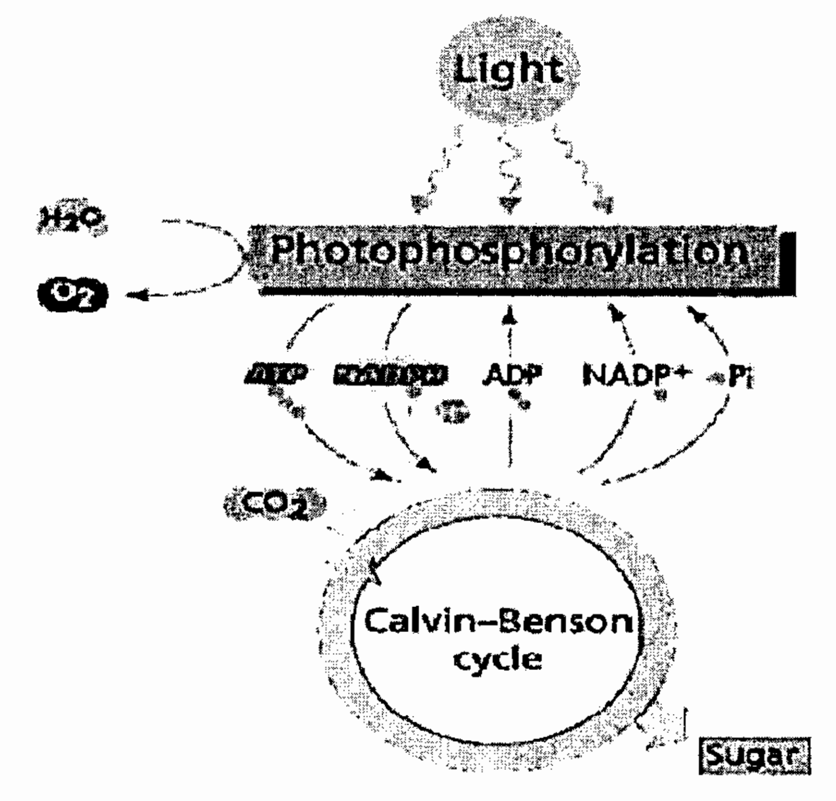
- عملية البناء Anabolism وفيها يستخدم النبات المواد البسيطة فى بناء المواد الأكثر تعقيدا مع استعمال الطاقة وتثبيتها ٠

وعملية البناء تشمل بناء المواد الكربوايدراتية وبناء المواد الأزوتية وبناء المواد الدهنية ٠

- عملية الهدم Catabolism وفيها يتم تجزئة المركبات المعقدة الى مركبات أقل تعقيدا أو الى مكوناتها الأصلية البسيطة ويصحب ذلك انطلاق الطاقة التى كانت مختزنة بجزيئات المركبات المعقدة ٠

أولا البناء Anabolism :

بناء المواد الكربوايدراتية Carbohydrate synthesis أو البناء الضوئى Photosynthesis. البناء الضوئى عبارة عن العملية التى تبنى فيها الخلايا النباتية الخضراء مواد كربوأيدراتية معينة من ثانى أوكسيد الكربون والماء فى وجود الطاقة الضوئية وفيها يتصاعد الأوكسجين كناتج ثانوى هذا ويمكن تعريف البناء الضوئى أيضا بأنها عملية تحويل الطاقة الضوئية الى طاقة كيميائية تستغل فى بناء المواد الكربوايدراتية لك أ٢ الموجود فى الجو٠



وكثيرا ما تستعمل عبارة التمثيل الكربونى للدلالة على هـذه العمليـة ، إلا أن الأستعمال الشائع لكلمة التمثيل للتعبير عن العملية التى تندمج فيها الأغذية فى تركيـب جسم النبات ، يجعل من غير المرغوب فية استعمال هـذا الاصطلاح (التمثيـل الكربونى) كمرادف للبناء الضوئى ·

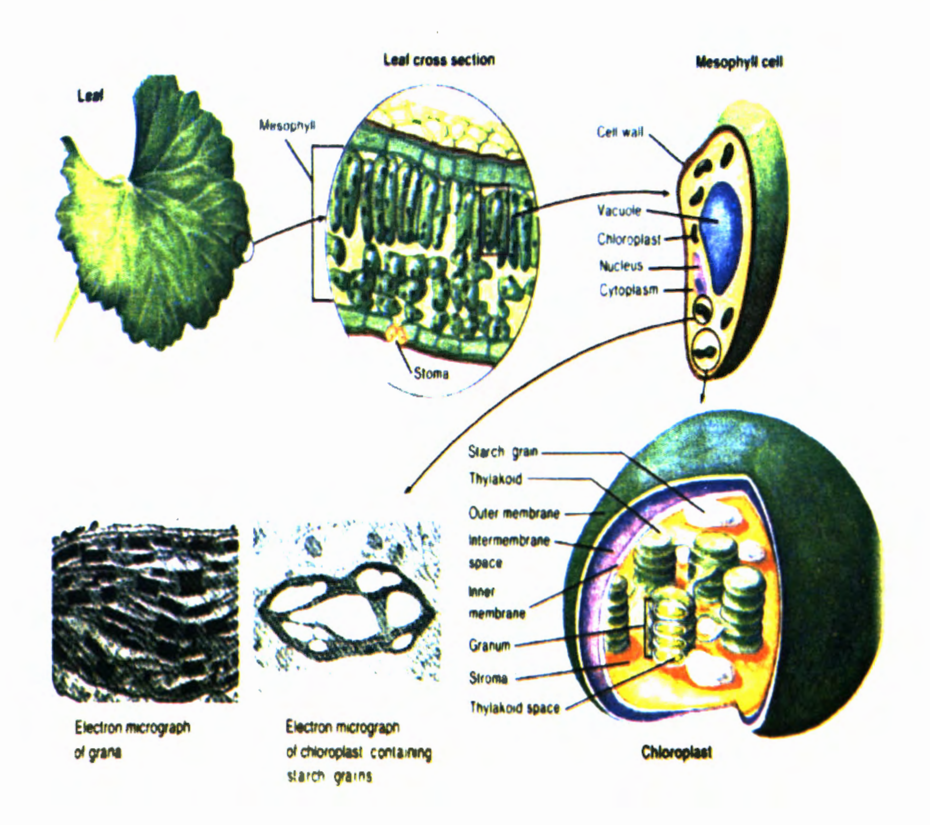
أهميتها :

أن معظم الكائنات الحية تعيش علي حساب الثروة المادية والطاقة علي الأرض في كل صورها ومصدرها الوحيد هو الشمس · وأهم مصنع يستطيع تحويل الطاقـة الضوئية المنبعثة من الشمس الي طاقة كيميائية هو النبات الأخـضر و الـذي يقـوم بتخزين الطاقة في صورة مركبات عضوية معقدة يتكون منها تركيبة الخلوي و كـذلك يستغل تلك المركبات العضوية في بناء جسم الحيوانات و الذي يقوم الأخير بأكسدتها و تحويلها الي طاقة حركية وطاقة تستغل في النشاط الحيوي لهذه الكائنات الحية والتـى

تنتهى جميعها بالموت والتحلل الميكروبى الى العناصلا الأساسية التى يمتصها النبـات مرة آخرى ليعيد بناء المركبات العضوية من المواد البسيطة الممتـصة مـن التربـة بالاضافة للمتكونة من عملية البناء الضوئى ٠

جهاز البناء الضوئي :

أن معظم عملية التمثيل الضوئي تتم في الأوراق الخضراء والتي يلائمها تركيبها التشريحي للقيام بهذة العملية بكفاءة تامة ٠ و يحتوي بروتـوبلازم خلايـا الميزوفيـل العمادية والأسفنجية علي أعداد كبيرة من البلاسـتيدات الخـضراء أو الكلوربلاسـت (١٠٠بكل خلية) و تعتبر كل بلاستيدة خضراء (كلوروبلاست) جهازا كاملا يمكنـة القيام مستقلا بعملية البناء الضوئي اذ أنه يحتوي علي كـل الانزيمـات والمركبـات اللازمة للقيام بهذة العملية الحيوية ٠



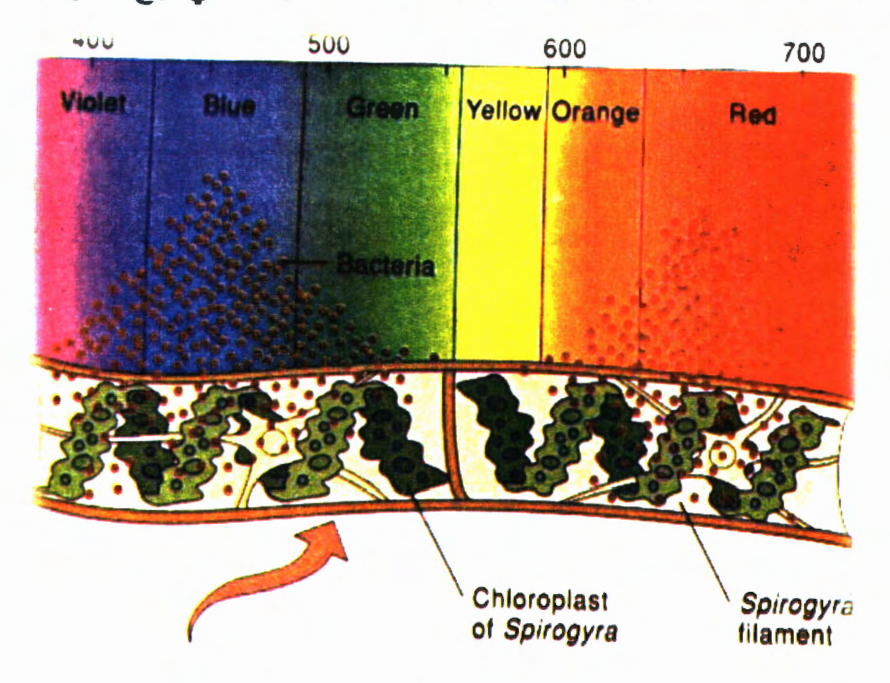
Electron micrograph of grana

Electron micrograph of chloroplast containing starch grains

طبيعة الضوء :

عند تحويل الأيدروجين الي هليوم في جسم الشمس تنطلق أنواع مختلفة من الأشعة ورغم هذه الاختلافات بين أنواع الاشعة الا أنها اجمالا تعتبر كجزء من طاقة الاطياف المستمرة والتي تختلف فيما بينها في طول موجات تلك الاشعة·

إن مجال الضوء المرئي يمتد من طول موجي ٤٠٠ الي ٧٠٠ ملليمكرون تقريبا هذه الموجات تعتبر مسارا لجزيئات متناهية في الصغر هي الفوتونات والتي يمكن تمثيل كل منها بكيس صغير مملوء بطاقة معينة (تتوقف علي نوع الضوء)·



يؤدي تصادم تلك الفوتونات بالصبغات النباتية التي فقد طاقتها وتكتسبها الصبغة وتحرك الألكترونات الواقعة في مستويات مختلفة حول أنوية ذرات هذه الصبغات الي مستويات من الطاقة أعلي من المستوي التي كانت واقعة به وتصبح بذلك الصبغة في حالة نشطة وتستمر في هذه الحالة لمدة قصيرة جدا تصل الي جزء من الثانية حيث يسقط بعدها الألكترون الي مجالة السابق الاقل نشاطا (أي اقرب الي النواة)، والطاقة

الناتجة من فقد هذا الألكترون لطاقة تنفرد عملا معينا وهذه الطاقة والتي تسمي بطاقة التنشيط تنطلق في صورة حرارة منعكسة أو بأعطاء هذه الطاقة لمركب آخر أو تستغل في تفاعل كيميائي معين كما يحدث في عمليات الأكسدة و الاختزال.

ولصبغات النبات المختلفة القدرة علي القيام بكل هذه الظواهر السابق ذكرها فاثناء عملية البناء الضوئي نجد أن جزيئات الكلورفيل تفقد وتعيد كمية غير قليلة من الضوء بينما نجد ان بعض الصبغات الأخري مثل الكاروتنويدات و المصاحبة للكلورفيل تمتص الطاقة الضوئية وتنقلها للكلورفيل اما التي يتحصل عليها الكلورفيل فيستغلها في اختزال بعض المركبات أثناء عملية البناء الضوئي للكربوهيدرات .

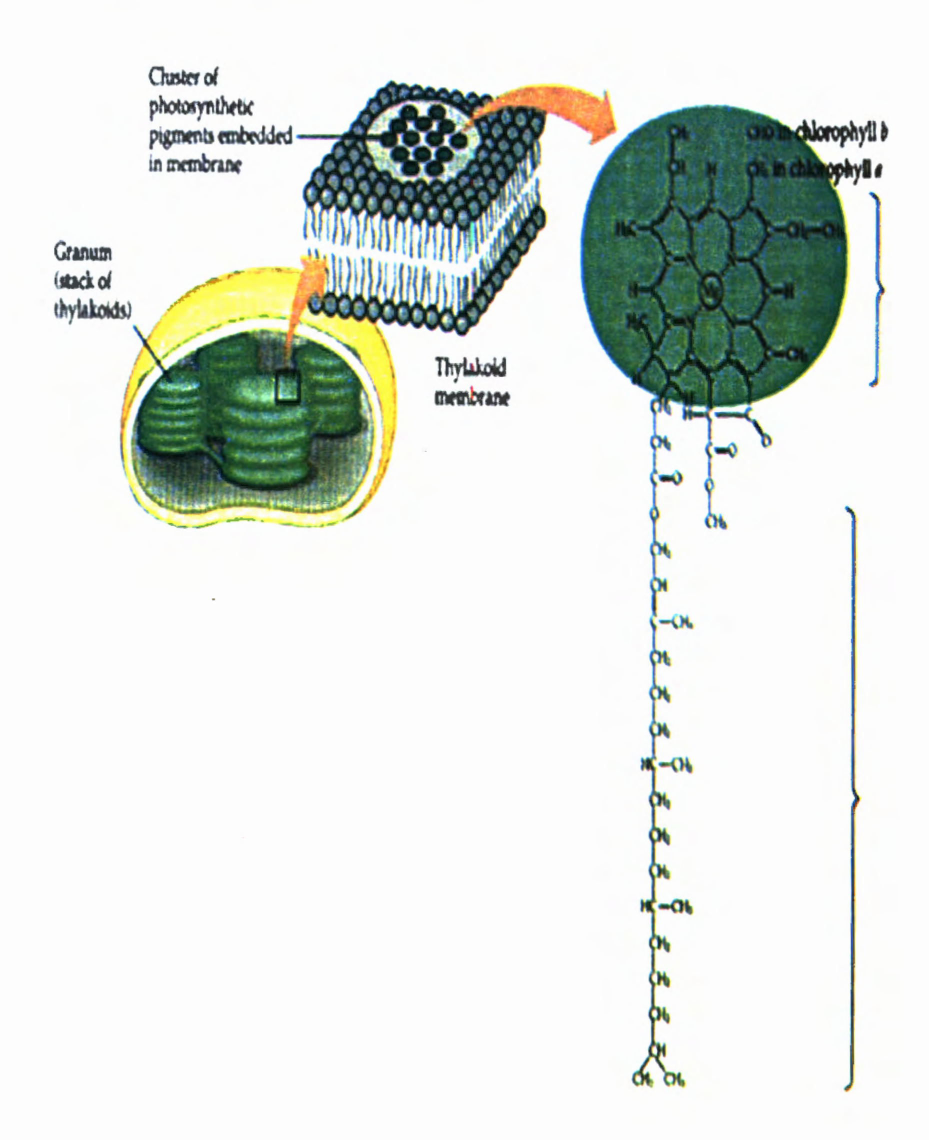
صبغات البناء الضوئي :

توجد الصبغات في البلاستيدات وتنقسم الى:

١- صبغة الكلورفيل Chlorophyll pigments الكلورفيل هو الصبغة الخضراء في النبات وهو أهم الصبغات لعملية التمثيل الضوئي و حتي اليوم أمكن التعرف علي ثمان انواع من الكلورفيل و هي كلورفيل E , d , c , b ,a , Chiorozum chlorophyll Bacteriochlorophyll (b) bacteriochlorophyll (a) أهمهم علي الاطلاق هى كلوروفيل a, b لتواجدهم في بلاستيدات الخلايا النباتية أما بقية الأنواع فتوجد في الكائنات الدقيقة ذاتية التغذية مثل الطحالب الخضراء و البكتريا.

كلوروفيل a يعطي لون اخضر مصفر، كلوروفيل b عادة يكون ذو لون اخضر مزرق . أما عن التركيب الكيميائي للكلورفيل فهو يتركب من أربع وحدات من البروفيرين ويوجد المغنسيوم في صورتة الغير متأنية يتوسط جزئ الكلورفيل.

ويعتبر الكلورفيلات عبارة عن استرات (اتحاد حامض بكحول) لأحماض ثنائية تسمي الكلوروفللين chlorophyllins متحدة مع الميثانول وكحول الفينول.


Cluster of photosynthetic pigments embedded in membrane
Granum (stack of thylakoids)
Thylakoid membrane
CHO in chlorophyll b
CH3 in chlorophyll a

ويختلف كلورفيل أ عن كلورفيل ب في ارتبــاط ذرة الكربون رقم ٣ فـــي جــزئ الكلورفيل أ بمجموعه ميثيــل في حين تكون في كلورفيل ب مجموعه الدهيد



وقد لوحظ أن غالبية امتصاص الكلورفيل للضوء يكون فـــي مجـــال الطيفـــين الأزرق والأحمر أي علي موجات ٤٣٠⁻٦٥٠ ملليمكـــرون ٠ الا أن هنـــاك بعـــض الشواهد على أن كفاءة عملية البناء الضوئي بالنباتات الخضراء تكـــون أعلـــي عنـــد تعويض النباتات للضوء الازرق) فيما عدا الكلورفيل البكتيري والذي يمتص الاشـــعة تحت الحمراء و الطيف الازرق البنفسجي)

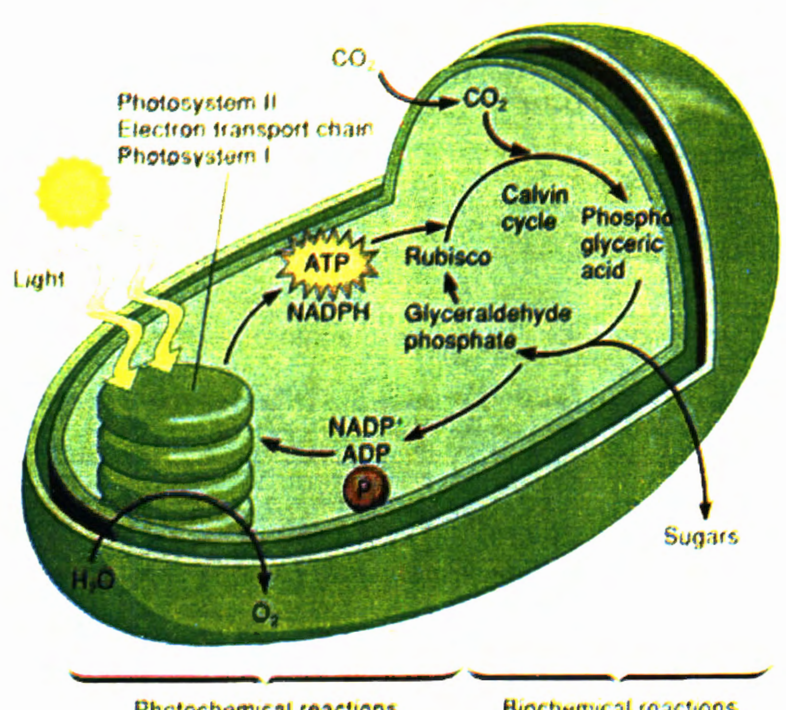
٢⁻ الكاروتنيدات Carotenoid pigments هي مجموعه من الصبغات التـــي لهـــا علاقة وثيقة بعملية البناء الضوئي وهي مركبات ليبيدية يتراوح لونها من الأصفر حتي البنفسجي وتتواجد في البلاستيدات الخضراء جنبا الي جنب مـــع الكلورفيـــل بنسبة: ٣:١ ، وتعتبر جميع الكاروتنيدات هيدروكربونات غير مشبعه و سريعه الأكسدة في وجود الأوكسجين وتنقسم هذه الصبغات الي مجموعتين هما الكاروتين مثل كاروتين a , b والليكوبين والزانثوفيل ٠

ولكن الزانثوفيل أكثر أكسدة من الأولي حيث يقل عنها بذرة هيدروجين ويوجـــد بها ذرتي أوكسجين مع عدم وجوده بالكاروتينات وله عده أنواع تمتص الكاروتينـــات الاطياف أساسا الطيف الازرق(٤٦٠⁻ ٤٨٠ ملليمكرون) من الضوء وقد تمتص هـــذه الصبغات جزءا من الطيف الازرق والبنفسجي وقد تبين أيضا انهـــا تمـــتص بعـــض الموجات الخاصة بالاشعة الفوق بنفسجية وتقوم هذه الـــصبغات بالاحاطـــة بجزيئـــات

الكلورفيل وكثيرا ما تحميه من الأكسدة الضوئية وكذلك تمتص الطاقة وتنقلهـــا الـــى الكلورفيل·

الجهاز التمثيلى :

تتم عملية البناء الضوئي داخل البلاستيدات الخضراء التي تتركب من جـــسيمات محاطة بغشاء سيتوبلازمي مزدوج يحوي بداخلة سائل Stroma وبها صفائح تعـــرف بال Grana تسمي كل واحدة من تلك الصفائح باسم Granum تحتوي علي الصبغات و الانزيمات الخاصة بعملية التمثيل ·



يوجد بكل بلاستيدة ٦٠ جرانا و يتم تحول الطاقة الضوئية الي طاقـــة كيميائيـــة فى Grana حيث تحتوي علي الصبغات و الأنزيمات الخاصة بعملية التمثيل · وينفرد الأوكسجين داخل الجرانا في حين يتم في الاستروما اختزال ثـــاني اكـــسيد الكربـــون وتكون الكربوهيدرات ·

ميكانيكية عملية البناء الضوئي :

يمكن تقسيم البناء الضوئي الي جزئين رئيسين هما التفاعـل الـضوئي أو Hill reaction ، و الجزء الثاني و يعرف باسم Dark reaction ويعـرف الأول باسـم طور التحليل الضوئي Photolysis فية يمتص الكلورفيل الطاقة الضوئية التي تـشجع انشطار الماء الي أوكسجين و أيدروجين ، بتصاعد الأوكسجين اما الأيدروجين فيتحـد مع مستقبل هو NADP .

نتيجة امتصاص الكلورفيل للضوء الأزرق والأحمر يفقـد الكترونـا فتنجـذب الألكترونات النشطة السالبة داخل الجرانا بواسطة مستقبلات الكترونية وفي أثناء عملية الانتقال فان طاقة الكترون تنخفض والطاقة المنطلقة تمتص بواسـطة ADPلتكـوين ATP.

أما التفاعل الثاني والمعروف Dark reaction وهو تفاعل كيميائي يعرف باسم ك أ٢ Fixation cycle هذا التفاعل لا يحتاج الي ضوء وليس معني أن اسمه تفاعل الظلام أنه يتم فى الظلام بل يعني ان الضوء غير ضروري لاتمامه و يتم فية تثبيـت ك أ٢ و تكوين المواد الكربوهيدراتية ·

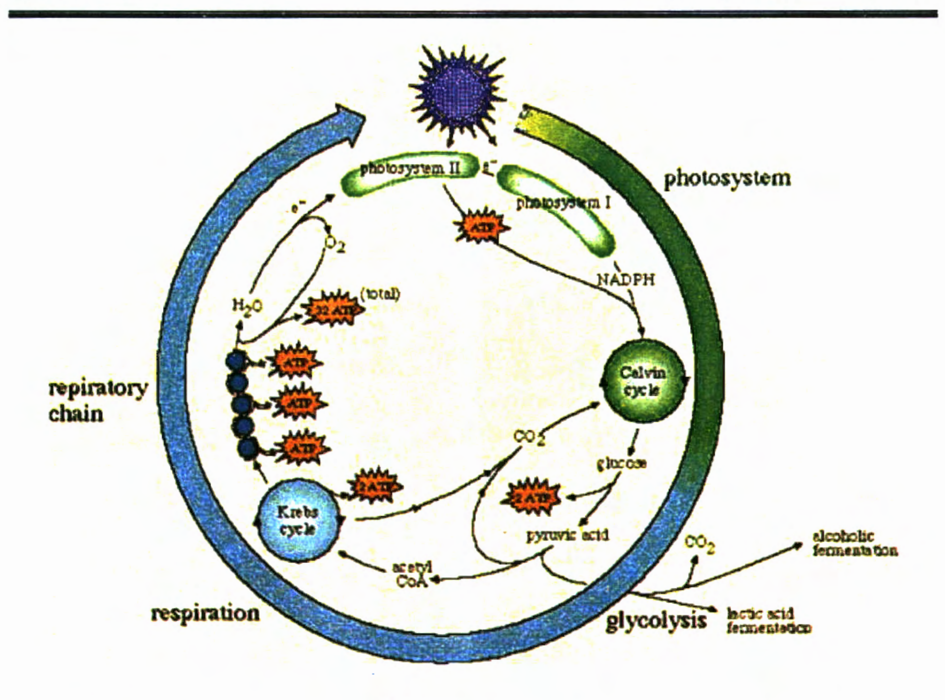
اولا : التفاعل الضوئي أو تفاعل هيل Hill reaction :

قام العالم Robert Hill سنة ١٩٣٧ بمحاولة لدراسة تفـاعلات عمليـة البنـاء الضوئي عن طريق اجراء بحوثة علي بلاستيدات خضراء معزولة بدلاً من اجرائهـا علي نباتات كاملة وقد وجد أن البلاستيدات الخضراء المعزولة كانت قادرة علي انتاج الأوكسجين أي قادره علي اتمام التفاعل الضوئي وذلك في وجود عوامل مؤكسدة (اي قادرة علي اكسدة المركبات وتصبح هي مختزلة) مثل مركبـات الـسيانيد الحديديـة Ferrocyanide ومركبات اكسالات البوتاسيوم الحديدية Ferric potassium oxalate ومركبات الكرينون التي تختزل الي الهيدروكونيون ، حيث تتحول أيونات الحديدك الي

حديدور ويتأكسد الماء أي تحل تلك المركبات محل NADP والذي يعتبر مستقبل الأيدروجين في عملية البناء الضوئي

عند سقوط الضوء الذي طول موجتة ٦٨٠ ملليميكرون علي كلوروفيل أ والذي يعرف بالنظام الصبغي الاولي Pigment system (PSI) فيصطدم فوتونات الضوء مع الكلوروفيل فيصبح جزئ الكلوروفيل مرتفع الطاقة و يتم ذلك بانتقال الكترون من مدار قريب من النواه الي مدار أبعد و يظل جزئ الكلوروفيل في تلك الحالة المرتفعة من الطاقة Excited state لفترة وجيزة جدا تبلغ ١٠⁻⁹ ثانية فاذا لم تستخدم الطاقة فأنها تتبد في صورة اشعاع Fluorescence .

يتأكسد الكلوروفيل في (PSI) بفقد الالكترون فيستقبلة صبغة Ferrodoxin وهي الصبغة التي تستقبل الألكترون وتقوم باختزال NADP وهي عامل مساعد بروتيني . ويتم اختزال المرافق الانزيمي المعروف باسم NADP في وجود أنزيم NADP Reductase - Ferredoxin ويتحول NADP الي NAD PH و مصدر الايدروجين هنا هو الماء. لعدم توفر المرافق الانزيمي الحامل للأيدروجين NADP والأنزيم الذي يقوم باختزالة فان صبغة Ferredoxin تدفع تيار الألكترونات الي مستقبلات هي بالترتيب سيتوكروم b ثم سيتوكروم f ثم الي الصبغة Plstocyanine Cu- containing Protein (PC) ثم مرة آخري الي كلوروفيل أ حتي يحافظ النظام الصبغي الأول (PSI)علي صورتة المختزلة المانحة للأكترونات وفي تلك الدورة يفقد الألكترون طاقتة و الذي يمنحها الي المركب ADP ليكون مركب ATP باضافة الفسفور الي ADPفي نظام يعرف باسم الفسفرة الضوئية الدائريةCyclic photophoshorylation قد تأتي الألكترونات من أكسدة الماء فعندما يسقط الضوء علي الماء فأن جزيئات الماء تتأكسد الي أيونات أوكسجين تتصاعد وأيدروجين و الكترونات .



يستقبل الالكترونات صبغة Plastoquinone التى تختزل وتقوم بنقل الألكترون خلال Cyt b ثم Cyt f ثم الي المركب Plastocyanine (PC) ثم الي كلورفيل a (PSI) لتعويض الالكترون المفقود والذي استخدم في اختزال NADP الي $NADPH_2$ واثناء ذلك يفقد الألكترون طاقتة ويتكون ATP في نظام يعرف باسم الفسقرة الغير دائرية Non cyclic photophosphorylation ثم تستعيض صبغة Plastoquinone عن الألكترون المفقود بالكترون آخر من أكسدة الكلورفيل b(PSII) نتيجة أكسدتها ضوئية و يعوض كلورفيل ب الألكترون المفقود من أيونات الأيدروكسيل الناتجة من الماء . و علية ينتج من التفاعل الضوئي مركبان هامان لعملية اختزال ثاني اكسيد الكربون هما المركب الغني بالطاقة ATP و كذلك الموافق الانزيمي المختزل $NDPH_2$.

النوعين السابقين من الفسفرة تسميان بالفسفرة الضوئية لتميزها من النوع الآخر من الفسفرة والتي لا تعتمد علي الضوء لاتمامها كالتي تحدث اثناء التنفس ومن الواضح أن عملية الفسفرة الضوئية اللادائرية هي أساس عملية البناء الضوئي في

النبات الراقي مع امكانية حدوث الفسفرة الضوئية الدائرية جنبا الي جنب معاً أما الفسفرة الدائرية فقد تحدث في النباتات الأقل رقيا حيث تستغل مركبات اختزالية آخري غير الماء مثل يد٢كب وغيرها . و تقوم تلك النباتات باعطاء الأيدروجين و الألكترونات الي كلورفيل أ مباشرة عن طريق صبغة البلاستوكينون و السيتوكرومات وتقوم هذة الكائنات مثل البكتريا بالحصول علي الطاقةعن طريق أكسدة هذة المركبات المختزلة بعملية تسمي البناء الكيميائي Chemosynthesis .

ثانيا : تفاعل الظلام او تفاعل بلاكمان Blackman reaction :

هذا التفاعل الكيميائي لايتطلب وجود الضوء ويعرف بتفاعل الظلام وقد أتضح أن تفكك الماء هو الجزء من عملية البناء الضوئى الذى يتطلب وجود الضوءأما أختزال ثانى أكسيد الكربون وتحويله الى مادة كربوأيدراتية فيكون الجزء من عملية البناء الذى لايتطلب وجود الضوء .

وهكذا أوضحت تجارب هل Hill عام ١٩٣٧ الدور الذى يقوم به الضوء فى عملية البناء الضوئى وذلك بأستعمال بلاستيدات خضراء معزولة من النباتات. فاضاءة معلق البلاستيدات الخضراء فى غياب ثانى أكسيد الكربون تؤدى - اذا وجد مستقبل مناسب للأيدروجين - إلى أنشقاق الماء الى الأكسجين والأيدروجين :

$$H_2O + NADP \xrightarrow{\text{ضوء}} NADP.H_2 + \frac{1}{2} O_2$$

عندما أستعمل بنسون وكالفين Benson & Calvin عام ٤٩ - ١٩٥٠ الكربون المناظر ^{14}C فى صورة ثانى أكسيد الكربون فى تجارب البناء الضوئى تبين أنه عندما أضيئت خلايا النبات مدة طويلة نسبيا (٣٠ دقيقة) ظهر الكربون المشع فى جزيئات المادة السكرية المتكونة ولكن الاضاءة لمدة خمس ثوان أدت الى ظهور ٧٠% من الكربون المشع فى حامض الفسفوجليسريك يحتوى على ٣ ذرات كربون مما يدل على أنه الناتج الوسطى الأساسى فى عملية تحويل ك أ٢ الى سكر وعندما طالت فترة التجربة عن ٥ ثوان ظهر الكربون المشع فى مركبات أخرى ثبت أن بعضها نواتج

وسطية فى عملية التنفس وقد أستنتج بنسون وكالفين أن المرحلة التى يتم فيها اختزال ك أ٢ فى عملية البناء الضوئى يمكن أن تسير فى اتجاه عكسى لما يحدث فى التنفس ويمكن تلخيص أهم التفاعلات فيما يلى :

١- يتحد ك أ٢ مع مركب خماسى ذرات الكربون هورببيلوز ثنائى الفوسفات وينتج عن هذا الاتحاد جزيئين من حمض الفوسفوجليسريك .

٢- يختزل هذا الحمض فى الضوء الى ألدهيد الفوسفوجليسريك الذى يتكثف فى خطوات مماثلة لعكس مايحدث فى التنفس - الى سكر سداسى ثنائى الفوسفات هو " فركتوز ١ ، ٦ ثنائى الفوسفات الذى يعتبر مصدرا للسكرات الأحادية والسكروز والنشا المتكونة أثناء البناء الضوئى.

العوامل المؤثرة علي عملية البناء الضوئي :

أ- العوامل الخارجية :

١- الضوء :

عند معدلات مناسبة من الحرارة وثاني اكسيد الكربون نجد أن معدل عملية البناء الضوئي تزداد بازدياد الكثافة الضوئية الي حد اقصي يقل بعده معدل عملية البناء الضوئي ، وعند ازدياد الطاقة الضوئية الي حد بعيد نجد أن هناك عامل آخر يبدأ في التداخل في عملية البناء وهو الاكسدة الضوئية Photo-oxidation بمركبات الخلية الحية مما يؤدي الي استخدام الأوكسجين المتصاعد من عملية البناء الضوئي في أكسدة الكثير من محتويات الخلية وتسمي هذة الظاهرة Secularization اما من حيث أطوال الموجات الضوئية فقد بينا أن هناك موجات تزيد عندها كفاءة البلاستيدات الخضراء في امتصاص الضوء مثل الازرق والاحمر (٤٦٦- ٦٥٠ ملليمكرون) و لذلك فان كفاءة عملية البناء بالتالي تصل الي اقصاها عند هذة الموجات .

٢- تركيز ثاني اكسيد الكربون :

عند درجات حرارة وكثافة ضوئية ملائمة نجد ان ك أ ٢ يعتبر العامل المحدد لسرعة عملية التمثيل الضوئي . و يتأثر محتوي الهواء الجوي بثاني اكسيد الكربون بمستوي الرطوبة الجوية فعند ارتفاع رطوبة الجو يزداد تركيز ك أ٢ ولذلك عادة ما يلاحظ ازدياد معدل البناء الضوئي في الأيام ذات الضباب عن غيرها اذا كانت العوامل الأخري غير محددة لهذة العملية . وقد وجد أن عملية البناء الضوئي تستمر في الأسراع كلما ارتفع تركيز ك أ٢ بالجو الي أن يصل الي ٠.٠٥% و لكن لمدد محددة حيث أن استمرار زيادة التركيز الي ١٠-١٥ يوم يؤدي الي ظهور بعض الأضرار علي النباتات.

٣- درجة الحرارة :

تختلف درجة الحرارة المثلي باختلاف طبيعة النبات وطبيعة البيئة ومدي تأقلمة معها . ورغم اتساع المدي الحراري الذي يتم عنده عملية البناء الضوئي الا أنة يلاحظ ان أنسب درجات حرارية بالنسبة لأغلب النباتات النامية بالأجواء المعتدلة يصل ما بين ١٠- ٣٥ °م ويلاحظ أن معدل سرعة عملية البناء الضوئي يستمر في الأرتفاع بارتفاع درجات الحرارة من ١٠ الي ٢٥ °م بالنسبة لأغلب النباتات . ويؤدي رفع درجة الحرارة عن المعدل السابق الي انخفاض سرعة عملية البناء و يرجع ذلك أساسا للتأثير الضار للحرارة المرتفعة علي بروتوبلازم الخلايا الحية وخاصة الانزيمات المتواجدة بها كما قد يرجع التأثير الضار الي تراكم نواتج عملية البناء أو قد يرجع التأثير الي قلة كفاءة ذوبان ك أ٢ في بخار الماء بغرف الثغر وبالتالي قلة ما يصل منة الي البلاستيدات .

٤- الماء :

وجد أن الكمية اللازمة من الماء لاستمرار عملية البناء الضوئي تقدر بحوالي ١ % فقط من جملة الماء الممتص بواسطة النبات · وقد لوحظ أن معدل او سرعة البناء الضوئي يرتفع اذا ما حدث جفاف بسيط بالأوراق (١٥ % فقد ماء) ولكن هذا المعدل ينخفض تماما اذا ما وجد جفاف شديد بهذة الاوراق (٤٥ % فقد ماء) حيـث أن فقـد الماء الذي يبدأ بالخلايا الحارسة يؤدي الي الانكماش وبالتالي قفل الثغور فيقل معـدل التمثيل تبعا لذلك و يؤدى الجفاف أيضا الي قلة قابلية الأغشية البلازمية للنفاذية وجفاف الأنزيمات النسبى والتي يلزم لها درجة تبلل عالية وقد يؤدي الجفاف الي قلة سـرعة تكوين المواد الكربوهيدارتية المتكونة من عملية البناء مما يؤدى الـي تراكمهـا فـي الاوراق وبالتالي بطء سرعة عملية البناء ·

٥- تأثير العناصر الغذائية :

عند نقص بعض العناصر مثل ن ، بو ، مغ يلاحظ قلة معـدل عمليـة البنـاء الضوئي لكونها عوامل مساعدة لبعض الأنزيمـات الخاصـة بتفـاعلات الظـلام أو لضرورة وجودها لاتمام عملية تفاعل الضوء مثل الكلورين والذي يؤدى نقـصة الـي عدم امكان نقل الألكترونات من الماء الي كلورفيل (ب) وقد يكون نقـص العنـصر مؤثرا علي بناء الكلورفيل نفسة كما في حالة نقص الحديد أو النتروجين أو المغنـسيوم وغيرها كما ان يدخل كمادة تفاعل أثناء تفاعلات الظلام ·

البناء الضوئى والكيميائى فى البكتريا :

تستطيع بعض الكائنات الدقيقة كالبكتريا بناء المواد العضوية الغنية بالطاقة من ثانى أكسيد الكربون والماء وتحصل بعض هذه البكتريا على الطاقة اللازمة لهذا البناء من الضوء غير أن بعضها الآخر يحصل على الطاقة اللازمة من الطاقة المنطلقة من بعض التفاعلات الكيميائية أثناء تنفسها ·

والبكتريا التى تستخدم الطاقة الضوئية تحتوى على صبغ واحد يشبه الكلوروفيل ومن أهم أنواعها بكتيريا الكبريت الخضراء والأرجوانية ويتضح التفاعل من المعادلة:

$$6\,CO_2 + 12\,H_2S + E \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6H_2O + 12S$$

ويمكن ملاحظة أن كبريتيد الأيدروجين قد أستعمل كمانح أيدروجينى بدلا من الماء الذى يستعمل فى النباتات الخضراء العادية ·

وفى الأنواع الأخرى من البكتريا التى تستخدم الطاقة المنطلقة من التفاعلات الكيميائية لبناء مواد عضوية معقدة قد أطلق على عملية بناء المواد الكربوايدراتية التى تتم على حساب هذه الطاقة الكيميائية البناء الكيميائى Chemosynthesis وذلك تمييزا له عن البناء الضوئى الذى تستخدم فيه الطاقة الضوئية ·

ومن أمثلة هذه البكتيريا بكتيريا النيترة وبكتيريا الكبريت عديمة اللون وبكتيريا الحديد وبكتيريا الهيدروجين ·

(١) ومن بكتيريا النيترة بكتيريا النيتروسوموناس Nitrosomonas التى تؤكسد النوشادر أو أملاحه الى حامض النيتروز أو أملاحه كما فى المعادلة :

$$2NH_3 + 3O_2 \rightarrow 2HNO_2 + 2H_2O + E$$

ويتأكسد حامض النيتروز الناتج من هذا التفاعل الى حامض النيتريك فى وجود بكتيريا أخرى هى النيتروباكتر Nitrobacter وذلك كما فى المعادلة :

$$2HNO_2 + O_2 \rightarrow 2HNO_3 + E$$

(٢) وتؤكسد بكتيريا الكبريت مادة كبريتيد الأيدروجين الى الكبريت فى وجود الأكسجين وتنطلق الطاقة :

$$2H_2S + O_2 \rightarrow 2S + 2H_2O + E$$

$$2S + 2H_2O + 3O_2 \rightarrow 2H_2SO_4 + E$$

ولايتراكم حمض الكبريتيك الناتج ، بل تتفاعل مع القواعد الموجودة فى الخلايا مكوناً الكبريتات ·

وتستخدم البكتيريا الطاقة الناتجة في بناء السكريات من ثانى أكسيد الكربون والماء·

(٣) أما بكتريا الحديد فتؤكسد مركبات الحديدوز الى الحديديك ويتمثل ذلك من المعادلة الآتية :

$$Fe^{++} + O_2 \rightarrow Fe^{+++} + E$$

$$4\,FeCO_3 + O_2 + 6H_2O \rightarrow 4Fe(OH)_3 + 4CO_2 + E$$

(٤) وتحصل بكتيريا الأيدروجين على الطاقة اللازمة للبناء الكيميائى من تأكسد الأيدروجين في المعادلة الآتية :

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O + E$$

مراجع مختارة :

1- Adams, P.; Nelson, D. E.; Yamada, S.; Chmara, W.; Jensen, R. G.; Bohnert. H. J. and Griffiths, H. (1998) : Tansley Review No. 97; Growth and development of *Mesembryanthemum crystallinum* . New Phytol. 138 : 171-190 .

2- Bakrim, N.; Brulfert, J.; Vidal, J. and Chollet, R., (2001) : Phosphoenolpyruvate carboxylase kinase is controlled by a similar signaling cascade in CAM and C_4 plants. Biochem. Biophys. Res. commun. 286 : 1158-1162 .

3- Besse, I. and Buchanan, B. B. (1997) : Thioredoxin-linked plant and animal processes : The new generation . Bot. Bull. Acad. Sinica . 38 : 1-11 .

4- Chollet, R.; Vidal, J. and O'Leary, M. H. (1996) : Phosphoenolpyruvate carboxylase : A ubiquitous, highly regulated enzyme in plants . Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.47 :273-298.

5- Coursol, S.; Giglioli-Guivarc'h, N.; Vidal, J. and Pierre, J. N. (2000) : An increase in the phosphoinositide-specific phospholipase C activity precedes induction of C4 Phosphoenolpyruvate carboxylase phosphorylation in illuminated and NH4Cl-treated protoplasts from *Digitaria sanguinalis* .Plant J. 23 :497-506 .

6- Craig, S. and Goodchild, D. J. (1997) : Leaf ultrastructure of *Triodia irritans* : A C4 grass possessing an unusual arrangement of photosynthetic tissues . Aust. J. Bot. 25 : 277-290 .

7- Cushman, J. C. (2001) : Crassulacean acid metabolism : A plastic photosynthetic adaptation to arid environments . Plant Physiol. 127 : 1439-1448 .

8- Dai, S.; Schwendtmayer, C.; Schürmann, P.; Ramaswamy, A. and Eklund, H. (2000) : Redox signaling in chloroplasts :

Cleavage of disulfides by an iron-sulfur cluster . Science . 287 : 655-658 .

9- Dever, L. V.; Bailry. K. J.; Lacuesta, M.; Leegood, R. C. and Lea, P. J. (1996) : The isolation and charactérization of mutants of the C_4 plant Amaranthus edulis . Comp. Rend. Acad. Sci., III . 919-959 .

10- Drincovich, M. F.; Casatì, P. and Anddreo, C. S. (2001) : NADP-malic enzyme from plants : A ubiquitous enzyme involved in different metabolic pathways. FEBS Lett. 490 : 1-6.

11- Flügge, U. I. and Heldt, H. W. (1991) : Metabolite translocators of the chloroplast envelope . Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 42 : 129-144 .

12- Giglioli- Guivarc'h, N., Pierre, J. N., Brown, S., Chollet, R., Vidal, J. and Gadal, P. (1996) : The light-dependent transduction pathway controlling the regulatory phosphorylation of C_4 Phosphoenolpyruvate carboxylase in protoplasts from Digitaria sanguinalis .Plant Cell . 8 : 573-586 .

13- Huber, S. C. and Huber, J. L. (1996) : Role and regulation of sucrose-phosphate synthase in higher plants . Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 47 : 431-444 .

14- Kozaki, A. and Takeba, G. (1996) : Photorespiration protects C_3 plants from photo-oxidation . Nature . 384: 557-560 .

15- Leegood, R. C.; Lea, P. J.; Adcock, M. D. and Haeusler, R. D. (1995) : The regulation and control of photorespiration . Exp. Bot. 46 : 1397-1414 .

16-Lund, J. E.; Ashton, A. R.; Hatch, M. D. and Heldt, H. W. (2000) : Purification, molecular cloning , and sequence analysis of sucrose-6F-phosphate phosphohydrolase from plants . Proc. Natl. Acad. Sci. USA 97 : 12914-12919 .

17- Maier, R. M., Neckermann, K., Igloi, G. L. and Koessel, H. (1995) : Complete sequence of the maize chloroplast genome : Gene content , hotspots of divergence and fine tuning of genetic information by transcript editing . J. Mol. Biol. 251 : 614-628 .

18- Marocoo, J. P., Ku, M. S. B., Lea P. J., Dever, L. V., Leegood, R. C., Furbank, R. T. and Edwards, G. E., (1998) : Oxygen requirement and inhibition of C_4 photosynthesis ; An analysis of C_4 plants deficient in the C_3 and C_4 cycles. Plant Physiol.116 : 823 -832 .

19- Ni[illegible]no, H. G. (2000) : The regulation of Phosphoenolpyruvate carboxylase in CAM plants . Trends Plant Sci. 5 : 75-80 .

20- Paul, M.; Sonnewald, U.; Hajirezaei, M.; Dennis, D. and Stitt, M. (1995) : Transgenic tobacco plants with strongly decreased expression of pyrophosphate : Fructose-6-phosphate 1-phosphotransferase do not differ significantly from wild type in photosynthate portioning, plant growth or their ability to cope with limiting phosphate, limiting nitrogen and suboptimal temperatures. Planta . 196 : 277-283 .

21- Purton, S. (1995) : The chloroplast genome of Chlamydomonas . Sci. Prog. 78 : 205-216 .

22- Reinfelder, J. R.; Kraepiel, A. M. L. and Morel, F. M. M. (2000) : Unicellular C_4 photosynthesis in a marine diatom . Nature . 407 : 996-999 .

23- Salerno, G. L.; Echeverria, E. and Pontein, H. G. (1996) : Activation of sucrose-phosphate synthase . Cell Mol. Biol. 42 : 665-672 .

24- Salvucci, M. E. and Ogren, W. L. (1996) : The mechanism of Rubisco activase : Insights from studies of the properties and structure of the enzyme . Photosynth. Res. 47 : 1-11 .

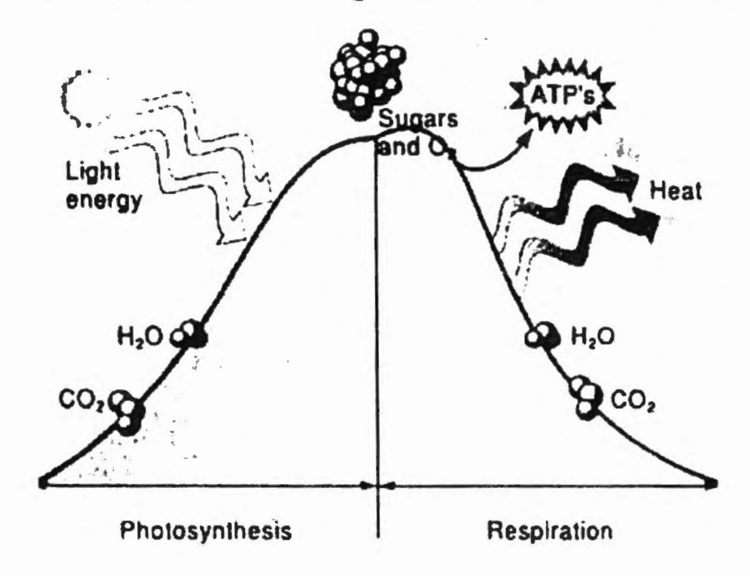
ثانيا : الهدم

الـتنــفس

Respiration

مقدمة :

تستمد الكائنات الحية الطاقة المخزونة فى المركبات العضوية وذلك أثناء أكسدتها وتفتيتها فتنطلق الطاقة المخزنة على حالة طاقة نشطة تستغل فى العمليات الحيوية المختلفة وكذلك فى تنشيط بعض المركبات الكيميائية لتكوين مركبات جديدة تساهم فى زيادة كمية البروتوبلازم وبالتالى نمو الكائن الحى وتعرف عملية تفتيت وأكسدة المركبات العضوية ولنطلاق الطاقة المخزنة بها على حالة طاقة حرة بعملية التنفس وعلية فالتنفس هو عملية أكسدة واختزال تحدث فى جميع الخلايا الحيه فتسبب انطلاق الطاقة الكامنة فى المواد المتفاعلة على حالة طاقة نشطة وبالتالى فهى عكس عملية البناء المعروفة بالتمثيل الضوئى وتعطى نواتج عكسية كما فى البيان التالى٠



عملية نقل الطاقة داخل النباتات:-

الطريقة العامة لنقل الطاقة في الكائنات الحية تعتمد علي وجود مركبات مفسفرة Phosporylated Compounds مثل مركبات (ATP) diphosphate (ADP) , (Adenosine triphosphate Adenosine تستطيع تخزين الطاقة ونقلها ٠ الشق

الأساسي في هذه المركبات هو مركب الأدنوزين الذي يتكون مـن مركـب Purines المرتبط بسكر الريبوز وثلاث مجموعات من حمض الفوسفوريك كما فى حالة ATP ومجموعتين من الحمض فى حالة ADP ويتم الأرتباط برابطة استر ·

(ATP)

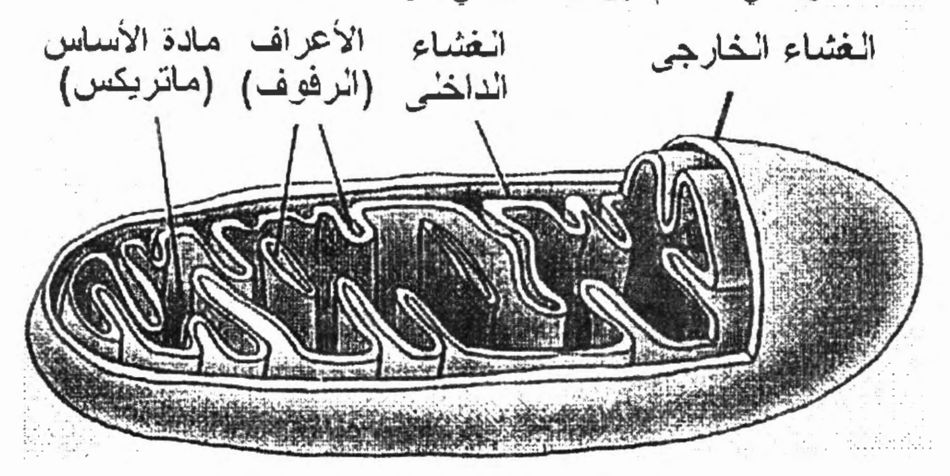
وعند تحلل ATP بتأثير الانزيم المناسب ينتزع شق الفوسفات الطرفي وينتج عن ذلك كمية من الطاقة تعادل١٢،٠٠٠ سعر لكل جزئ وهي نفس الكمية من الطاقة التي تنتج من تحلل ADP لينتج , AMP أما شق الفسفور في AMP عند تحلله الي حمض ادينليك ينتج عنة طاقة أقل نسبيا من الطاقة السابقة تقدر بـــ ٣٠٠٠ سعر لكل جزئ ·

من المفيد ان نسأل أنفسنا عن سبب الفرق الكبير نسبيا في الطاقة الحرة المنفردة من تحلل ATP عن المنفردة من تحلل AMP والسبب يرجع الي أن ذرات الأوكسجين في جزئ البيروفوسفات فى ATP و ADP تحمل شحنات سالبة جزيئية كمـا تحمـل ذرات الفوسفور شحنات موجبة وبذلك تلزم وجود كمية كبيرة من الطاقة للتغلب علـى التنافر بين الشحنات الكهربية المتماثلة علـى ذرات الأوكـسجين وذرات الفوسـفور وتنطلق الطاقة عند تحلل تلك المركبات وتعرف الرابطة بين جزيئات البيروفوسـفات السابقة الذكر بالروابط الغنيـة بالطاقـة Energy-rich phosphate bond ويمكـن لمركب مثل ADP من تخزين الطاقة عن طريق ربطة مجموعة فوسفات اليه ليكـون

ATPأثناء عملية التنفس ليقوم هو مرة آخري الي منحها الي مركب آخر في تفاعــل حيوي آخر ٠

مكان حدوث التنفس :

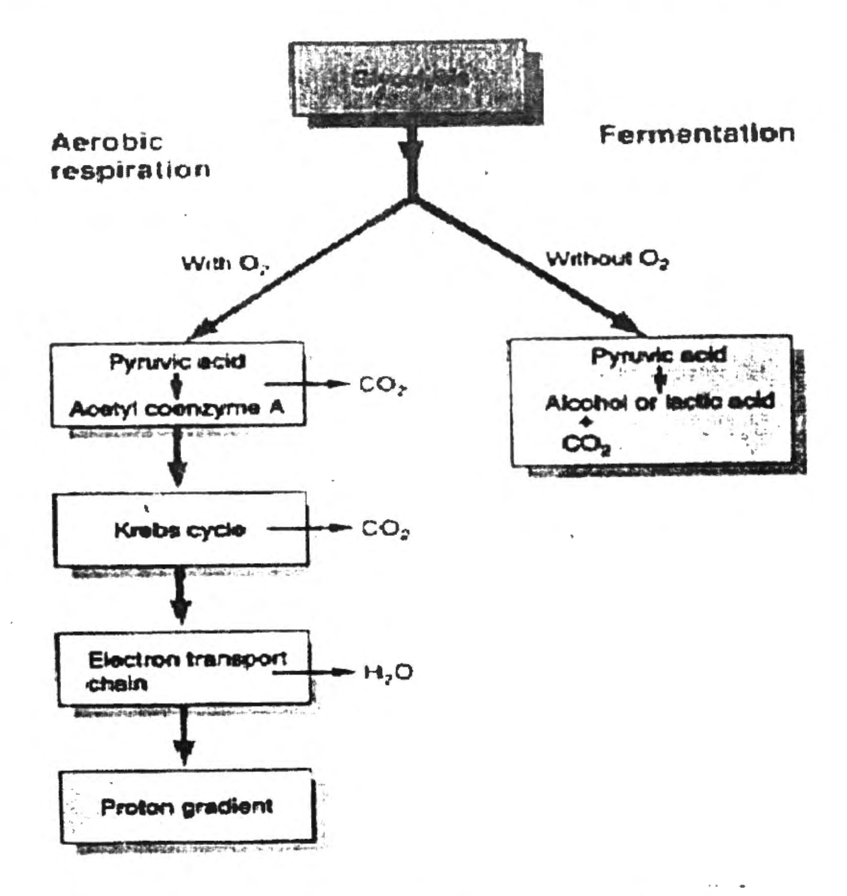
يحدث التنفس فى عضويات صغيرة تعرف بالميتوكوندريا هى بمثابة بيت الطاقة حيث تحتوى على انزيمات التنفس وهى أجسام محاطة بوحدتين غـشائيتين يـضمان بداخلهما الحشوة و أنزيمات دورة كربس ومركبات عديـــدة مـــن نـــواتج التفـــاعلات الأنزيمية والسيتوكرومات ويلاحظ كثافة الميتوكوندريا في الخلايا النشطة مثل الخلايـــا لميرستيمية حيث تسود بها الميتوكوندريا ٠ ونظرا لاحتواء الميتوكوندريا علي DNA فان لها القدرة علي الانقسام دون الأعتماد علي النواة ٠



شكل توضيحى للميتوكوندريا

آلية التنفس Mechanism of Respiration:

أثبتت الأبحاث تشابة عملية التنفس في جميع الكائنات الحية٠ ويقسم التنفس الـــي نوعين من التنفس اللاهوائي في غياب الأوكسجين والتنفس الهوائي ٠



وتقسم الخطوات التي يمر بها نوعي التنفس الي مرحلتين رئيستين هما :-

١- الجلكزه Glycolysis وفيها تتحول السكريات الــسداسية (الهكــسوزات) الــي حامض البيروفيك Pyruvic acid و تتم هذة المرحلة في كلا من التنفس الهوائي واللاهوائي · علي أن هذة المرحلة غير هوائية ·

٢- المرحلة الثانية يتحول حامض البيروفيك الي :

- كحول ايثلى وثاني اكسيد الكربون كما في الخميرة ويطلق علي هذة العمليــة عملية التخمر وتتم في غياب الأوكسجين·

- يتحول حمض البيروفيك الي حمض اللاكتيك كما في - عضلات الحيوان ·

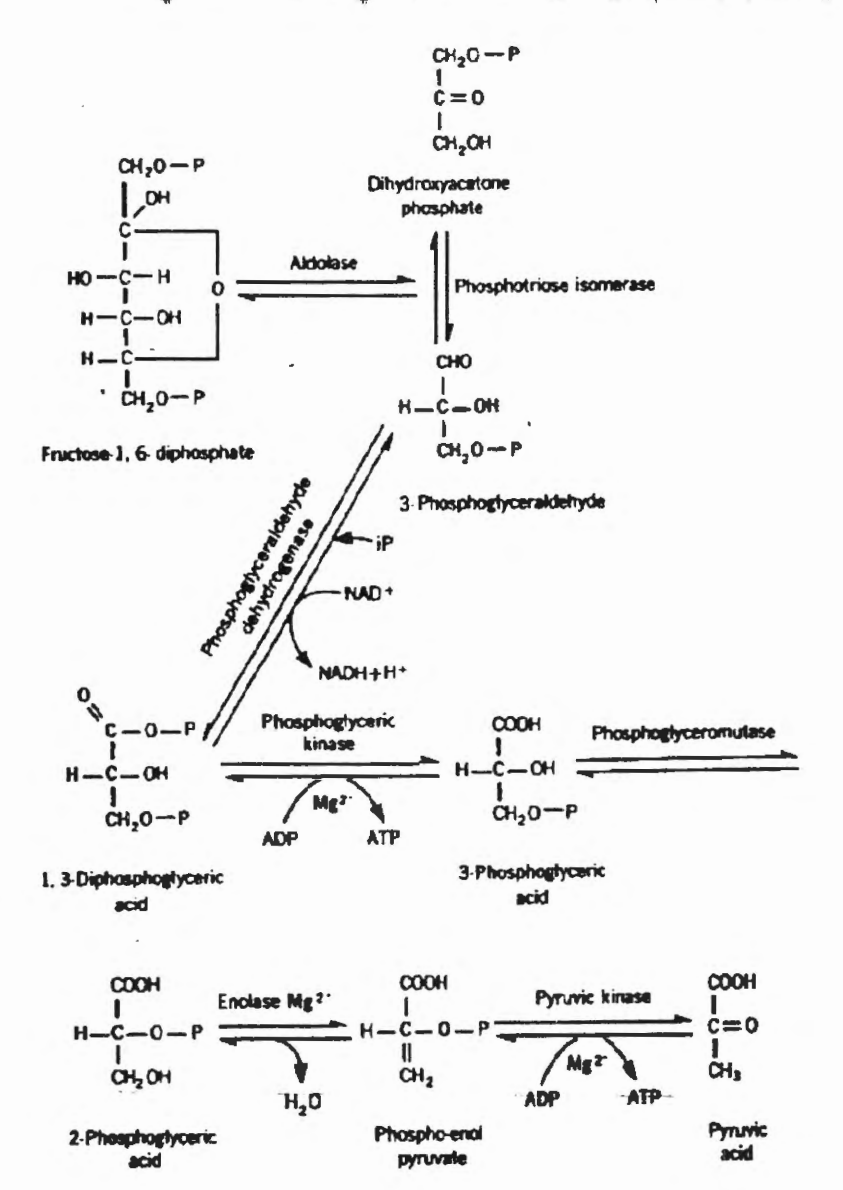
- يتحول حمض البيروفيك الي ثاني اكسيد الكربون والماء وذلك في وجود الأوكسجين وفي جميع الاحوال تنفرد الطاقة ·

أولا : خطوات الانشطار الجليكولى Glycolysis:

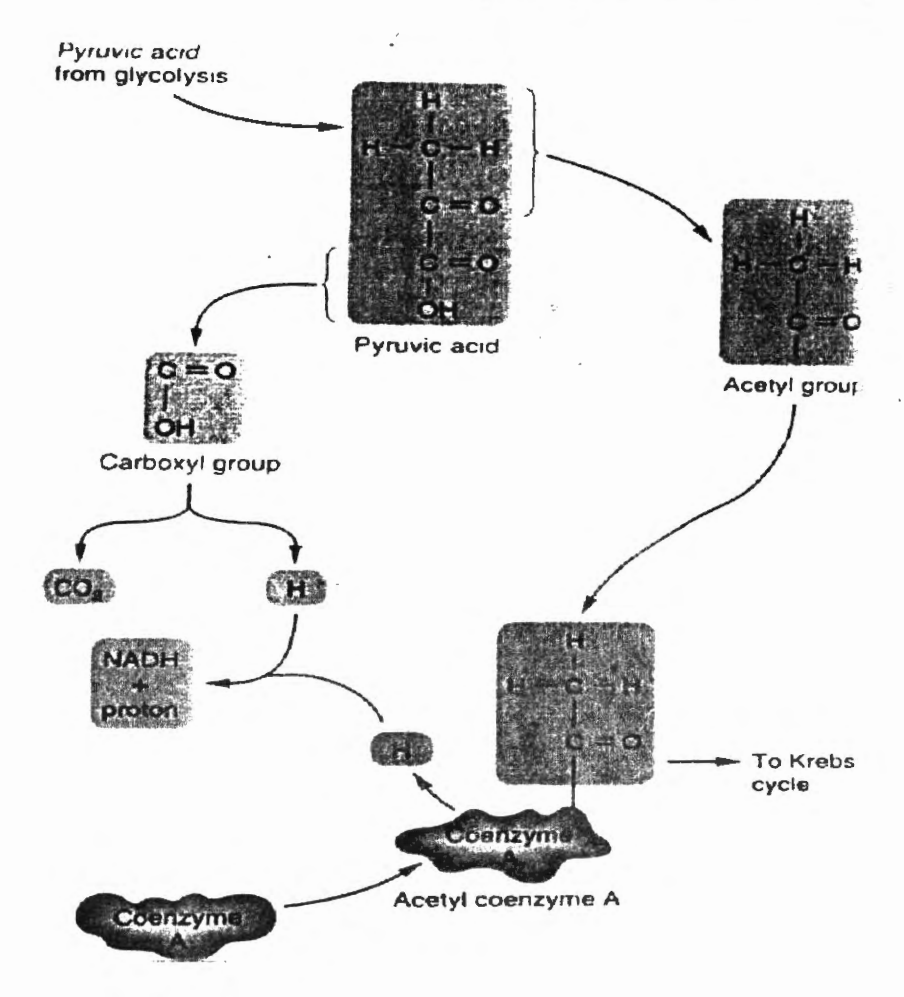
تبدأ تفاعلات تحليل الجليكوجين والنشا بالتحلل الفوسفورى بواسطة انزيم الفوسفوريليز الذي يحلل الرابطة الجليكوسيدية 1-4 عند الطرف الغير مختزل بجزئ النشا أو الجليكوجين · ويقوم انزيم الفوسفوريليز بتحلل سلسلة الاميلوبكتين المتفرعة بنسبة ٥٥ % لعدم امكان تخطي الرابطة ١-٦ وينتج عن ذلك الدكسترين الحدي · ثم يتحول فوسفات ١- جلوكوز الي فوسفات - ٦ - جلوكوز بواسطة انزيم Phosphoglucomutase في وجود المغنسيوم اما الجلوكوز الغير مفسفر فلابد له من الفسفرة باستخدام ATP عن طريق انزيم Hexokinase ثم يتحول فوسفات٦- فركتوز بواسطة انزيم Phosphohexoisomerase ثم يقوم انزيم Phosphofructokinase بفسفرة فوسفات ٦- فركتوز الي فوسفات ١، ٦ فركتوز ، عندئذ يتفكك ثنائي فوسفات الفركتوز الي مركبين كل منهما يتكون هيكلة الكربونى من ثلاث ذرات كربون هي : فوسفات ثنائي هيدروكسى اسيتون وفوسفات الدهيد الجليسرول بواسطة انزيم Aldolase يقوم انزيم Phosphate triose isomeraseبتحول فوسفات هيدروكس الاسيتون الي ٣ فوسفو الدهيد الجليسرول · ثم يحدث اول تفاعل بة اكسدة حيث يتأكسد فوسفات الدهيد الجليسرول و يختزل NAD وتتحول مجموعة الالدهيد نتيجة للأكسدة الي حمض ويستخدم جزء من الطاقة التي تنطلق في تكوين ATP .

يقوم انزيم Phosphoglyceromutase بتحول ٣ فوسفوالجليسريك الي ٢ فوسفوالجليسريك في وجود المغنسيوم · ويتم نزع الماء من المركب السابق في وجود انزيم enolase فيتكون فوسفواينول البيروفيك · ثم يقوم أنزيم Pyruvic kinase بدور

العامل المساعد في تحو ل الصورة الاينولية لحمض البيروفيك الي الصورة الكيتونيـة الاكثر ثباتا و يستخدم جزء من الطاقة الناتجة في فسفرة ADP الي ATP .



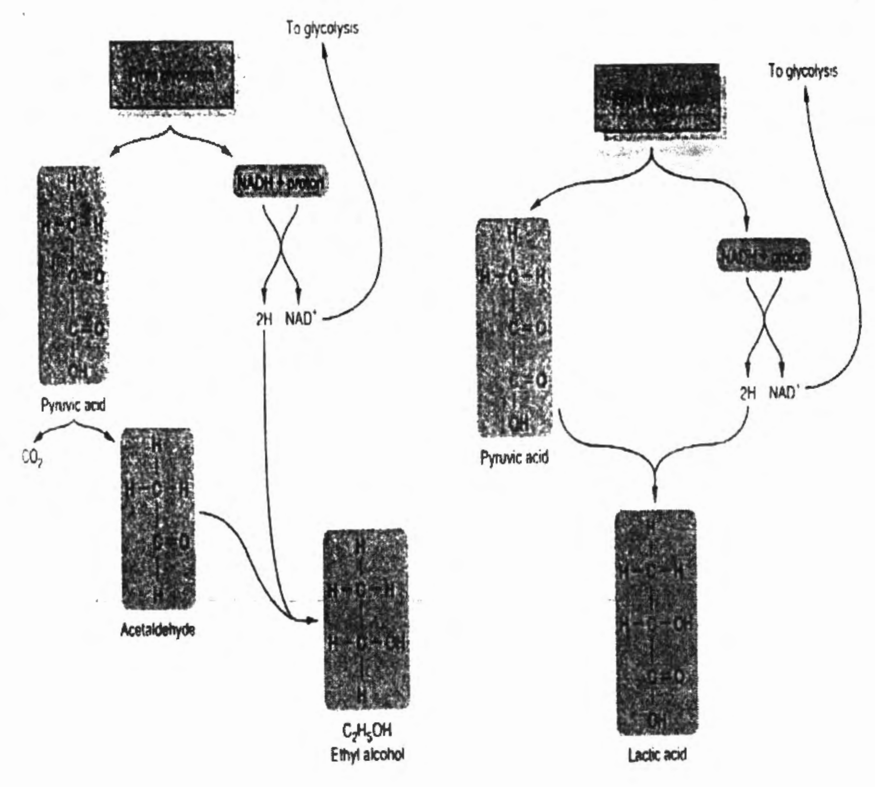
وبذلك تنتهي الجلكزة وينتج عنها ٤ جزيئات من ATPفي حين يستهلك خلالهـــا جزيئان فتكون المحصلة جزيئان فقط من ATP بعد ذلك يدخل حمض البيروفيك في التخمر الكحولي أو التخمر اللاكتيك ليتم التنفس اللاهوائي أو يدخل حمض البيروفيـــك في دورة السترات ليتم التنفس الهوائي ٠



ثانيا : المرحلة الثانية :

أ- التخمر Fermentation :

كثير من الكائنات الدقيقة كذلك بعض النباتات الراقية تستطيع تفتيت السكريات في غياب الأوكسجين وتستعمل الطاقة الناتجة في هذة الحالة في نمو تلك الكائنات. أبسط صور التخمر هو التخمر اللاكتيكي Lactic fermentation حيث يتحول حمض البيروفيك الي حمض لاكتيك . ولا يعرف هذا النوع من التخمر في النباتات الراقية ولكنة منتشر في الكائنات الدقيقة وتستطيع كثير من أنسجةالنباتات الراقية بعملية التخمر الكحولي Alcoholic fermentation و فية يتحول البيروفات الي استيالدهيد و ينفرد CO_2 بتأثير انزيم Carboxylase ثم يختزل الاستيالدهيد الي كحول ايثانول في وجود انزيم Alcohol dehyrogenase



ولا ينتج عن ذلك طاقة اي لا تتكون مركبات ATP و بـذلك بعمليـة التـنفس اللاهوائي بداية من تفتيت السكر حتي تكون حمض اللاكتيك و كحول الايثانول لا ينتج عنها سوي جزيئان من ATP و هي الناتجان اثناء عمليـة الجلكـزة و يـتم التـنفس اللاهوائي في عدم وجود الاكسجين كما سبق الاشارة وعادة في الكائنات الدقيقة التـي يطلق عليها Anaerobes .

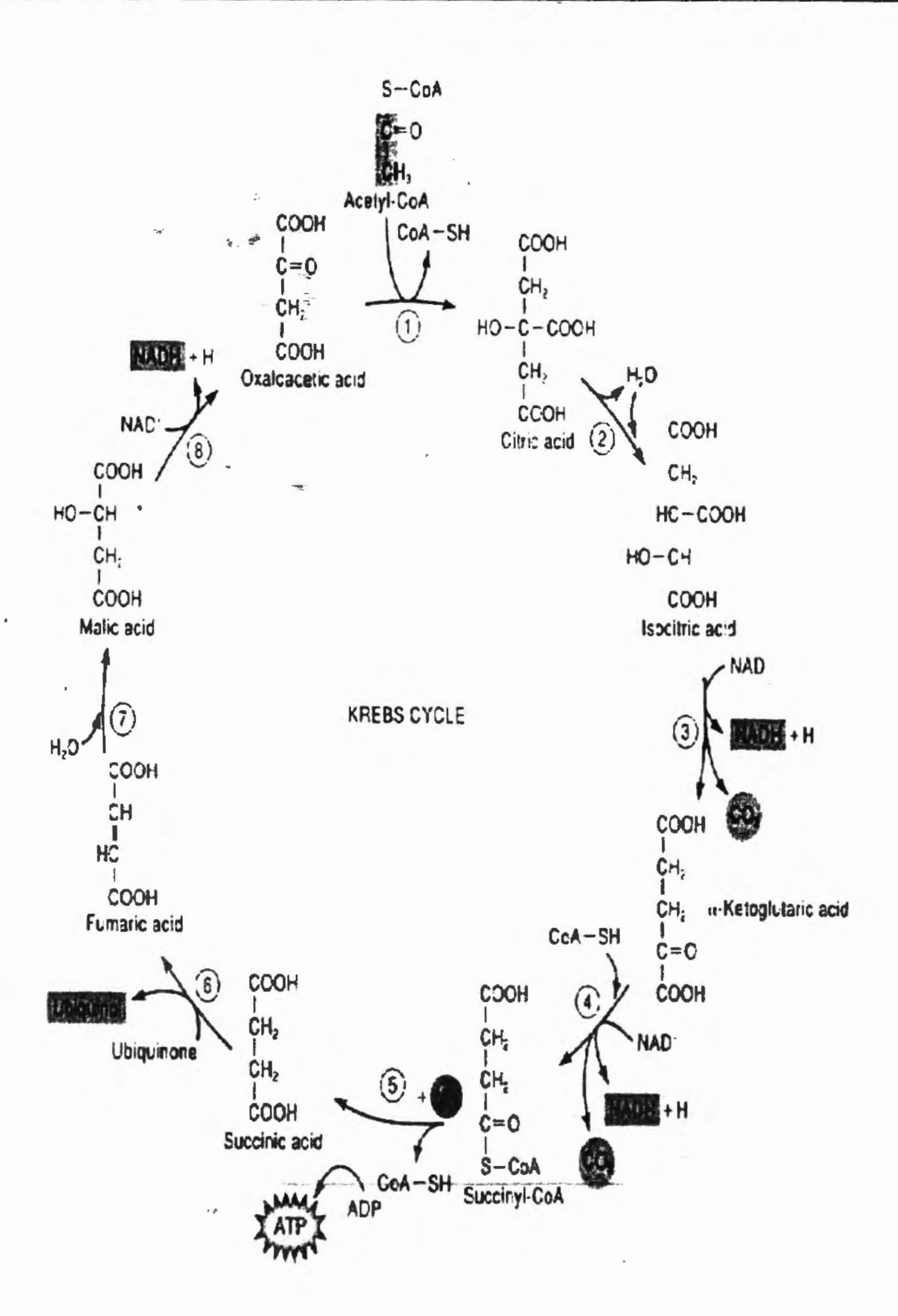
ب- الخطوة الثانية فى التنفس الهوائى :

يتم ذلك عن طريق سلسلة من التفاعلات تبدأ أولا بتكوين acetyl- coenzyme A وهـي عمليـة معقـدة . وتحتـاج الـي خمـس مـساعدات ضـرورية Thiaminepyrophosphate (TPP)، المغنـسيوم ، NAD، Coenzyme A وأخيرا Lipoic acid وقد اقترح Gunsalus أربع خطوات لتكوين Acetyl ~Co A ومن التفاعل نجد تكوين Acetyl~ CoA وثاني اكسيد الكربون أول مجموعة تخـرج من حمض البيروفيك وفي اثناء هذا التحول السابق الاشارة الية يتم نقل الكترونان لل NADلتكوين NADH واثناء نقل هذان الكترونان ينتج عن ذلك ثلاث جزيئات ATP و يمكن تلخيص التفاعل كالآتي :

$$\text{Pyruvate} + \text{Co}\sim\text{A} + \text{NAD} \ \text{Acetyl Co}\sim\text{A} + CO_2 + \text{NADH} + 3\text{ATP}$$

دورة كربس Krebs cycle

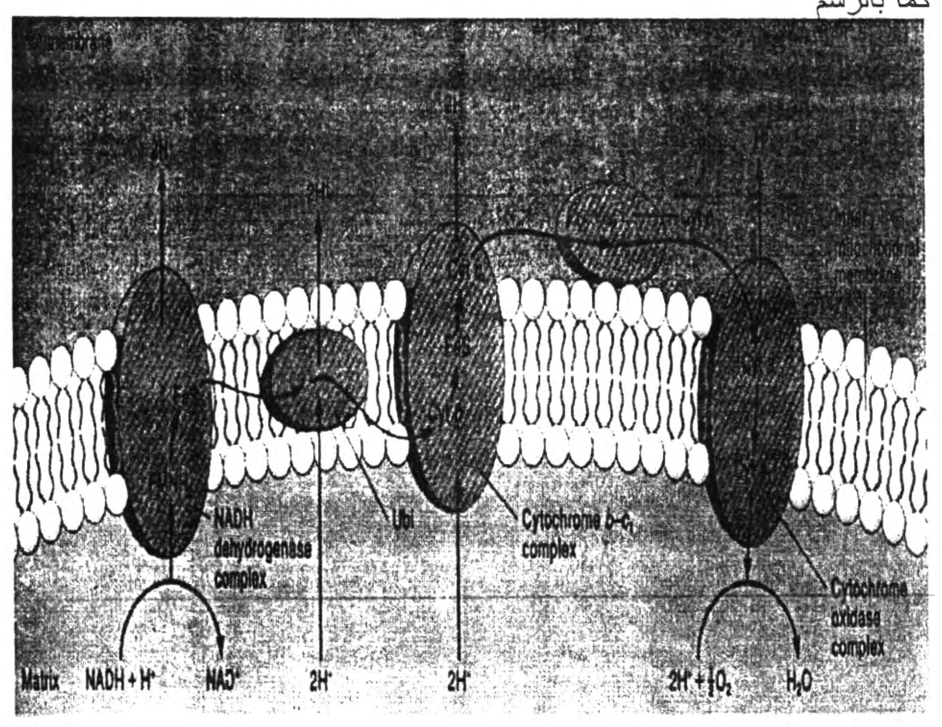
يعتبر Acetyl~ CoA حلقة الوصل بين عملية الجلكزة ودورة كربس(أو دورة السترات أو دورة الأحماض ثلاثية الكربون) اول تفاعل في تلك الدورة هـو تكثيـف Acetyl~ COA مع حمض الاوكسالوخاليك لتكوين حمض الستريك . لاعادة تكوين حمض الاوكسالوخاليك مرة اخري تتم سلسلة من التفاعلات يتم خلالها اربع خطـوات أكسدة وثلاث جزيئات ماء وجزيئين من ثاني أكسيد الكربون وبذلك يكون تفتيت كـل ذرات الكربون التي كونت حمض البيروفيك وثمان ذرات ايدروجين كما بالرسم التالي


S−CoA
C=O
CH3
Acetyl-CoA
CoA−SH
COOH
C=O
CH2
COOH
Oxalcacetic acid
1
COOH
CH2
HO−C−COOH
CH2
CCOH
Citric acid
2
H2O
COOH
CH2
HC−COOH
HO−CH
COOH
Isocitric acid
NAD
3
NADH +H
CO2
COOH
CH2
CH2
C=O
COOH
α-Ketoglutaric acid
CoA−SH
4
NAD
NADH +H
CO2
COOH
CH2
CH2
C=O
S−CoA
Succinyl-CoA
5
CoA−SH
ADP
ATP
COOH
CH2
CH2
COOH
Succinic acid
6
Ubiquinone
COOH
CH
HC
COOH
Fumaric acid
7
H2O
COOH
HO−CH
CH2
COOH
Malic acid
8
NAD
NADH +H
KREBS CYCLE

في خلال هذة الدورة يتم تكوين حمض الالفا كيتوجلوتاريــك Ketoglutaric acid & ويعتبر هذا الحمض هو مفتاح عمليات التمثيل داخل النبات. فهو يلعب دوراً هاما في تمثيل كلا من الكربوهيدرات والدهون و كذلك الأحماض الامينية .

نظام نقل الالكترون (الأكسدة الختامية) :

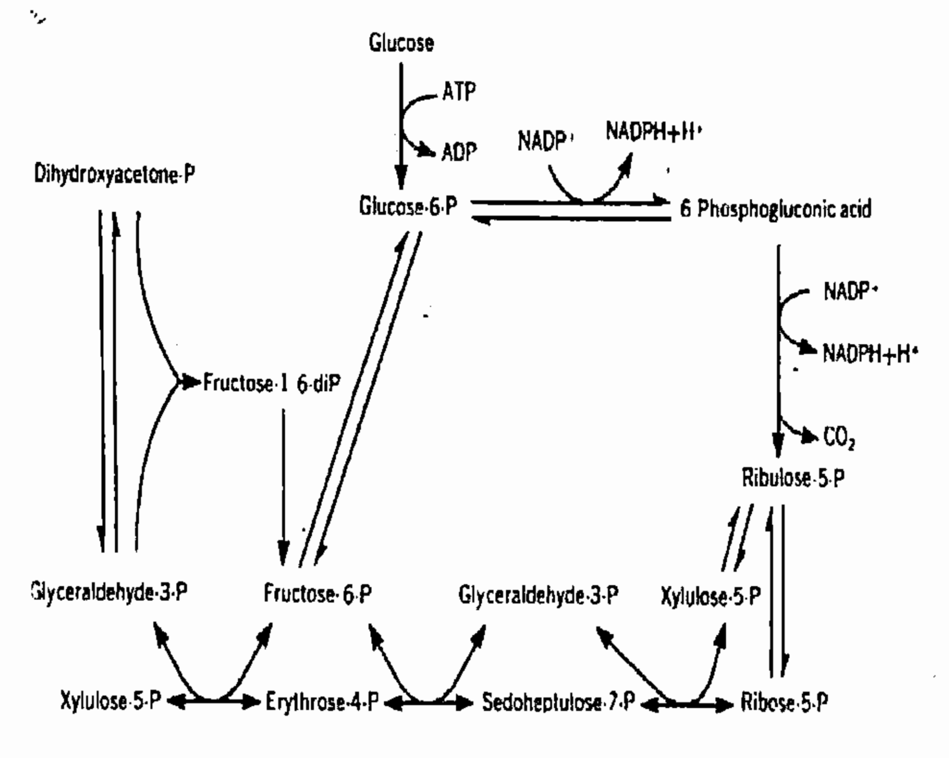
مما تقدم نجد في دورة الأحماض الثلاثية أنة تم اختزال كــلا مــن المــرافقين الانزيمي NAD ، FAD وحملوا بأيونات الايدروجين . لذلك وجب اعادة اكــسدتهم وتسمي تلك الاكسدة بالاكسدة النهائية أو الطرفية Terminal oxidation وفيهــا يــتم اتحاد الأيدروجين المحمل علي قرائن الانزيمات مع أوكسجين الهواء الجــوي وبــذلك ينتج الماء وهو الناتج الثاني من نواتج التنفس وتقوم عدة انزيمات باتمام هذة العمليــة كما بالرسم



يعبر أهم تلـك الانزيمـات Cytochrome a 3 (Cytochrome oxidase) والذي يعتبر الانزيم الطرفي أو النهائي والذي ينقل الالكترون الي الأوكسجين ليحولـة الى أيون يتحد مع أيونات الأيدروجين ليكون الماء · و قد وجد أن أثناء هذه العملية يتم أكسدة المرافقات الانزيمية المختزلة ويصاحب هذه الأكسدة انفراد طاقة في صورتين احدهما منفردة في صورة حرارة والأخري مرتبطة في صورة ATP حيث يتم انتاج ٣ جزيئات ATP من كل دورة ونظرا لوجود جزيئان من الجليسرالدهيد ناتجـان مـن الجلوكوز في أول تفاعل فأن هذا يعني أن هناك مجموعات من ATP لكل جزئ فتكون المحصلة ٣٤ جزئ ATP فاذا أضفنا ٢ جزئ ATP ناتجين من عملية الجلكـزة كمـا سبق الاشارة اليهم فيكون المجموع ٣٦ جزئ بقي ان نعلم انه عند تحـول Succinyl COAالى Succinic acid ينتج عن هذا التفاعل مركب غني أيضا بالطاقة والمعروف باسم GTP والذي ينقل ما يحملة من طاقة الي مركـب ADP ليكـون ATP واحـدة وبذلك ينتج جزيئن من ATP من هذا التفاعل الأخير فيكون الناتج ٣٨ جزئ ATP من الاكسدة الكاملة لجزيئ السكر ·

التأكسد المباشر :

لوحظ أن بعض الأنسجة النباتية يتم بها التنفس رغـم اسـتعمال المعيقـات أو المثبطات الخاصة بعملية الجلكزة مثل خلات الايودين والفلورين وباسـتعمال المـواد المشعة تم التأكد من وجود دورة آخري لاكسدة الجلوكوز تختلف عن دورة الجلكـزة اطلق عليها دورة فوسفات البنتوز أو دورة الهكسوزات احاديـة الفـسفرة وقـد تـم توضيحها العالمان Horecher & Rack وفيها يتأكسد سكر الجلوكـوز ⁻٦⁻ فوسـفات مباشرة دون عملية الجلكزة اللاهوائية بنـزع ذرات الأيـدروجين ليتحـول لحمـض الجلوكونيك الذي يتأكسد بدورة وينفرد ثاني أكسيد الكربون لينتج سكر الريبولوز كمـا بالشكل·



ويلاحظ ان المرافق الانزيمي NADPH يتم أكسدته بواسطة الأكسجين الجوي عن طريق الانزيمات الطرفية المعروفة بالسيتوكروم a3. وتتم هذه الدورة جنبا الي جنب مع الجلكزة ولكن بنسب تختلف تبعا لنوع وعمر النسيج حيث تزداد نسبة حدوث تلك الدورة عند تقدم النسيج في العمر وتعتبر هذه الدورة مصدرا مثاليا لانتاج الكربوهيدرات الثلاثية والرباعية والخماسية والسداسية والسباعية لاستغلالها في عمليات حيوية آخري ٠

العوامل التى تؤثر فى معدل التنفس :

١- درجة الحرارة :

تؤثر درجة الحرارة تأثيرا ملحوظا فى معدل التنفس ففى درجات الحرارة المنخفضة (صفر°م) يكون معدل التنفس ضئيلا ثم يأخذ فى الزيادة التدريجية بارتفاع درجة الحرارة ويصل الى نهايته القصوى بين درجتى ٣٠م ، ٤٠ °م

وقد تبين أن تأثير درجة الحرارة علىعملية التنفس يشبه تأثيرها على التفاعلات الكيماوية أى أن سرعة العملية تتضاعف لكل زيادة فى درجة الحرارة قدرها ١٠م وقد وجد أن المعامل الحرارى وهو :

$$\frac{\text{سرعة التفاعل عند درجة حرارة ت + ١٠}}{\text{سرعة التفاعل عند درجة حرارة ت}}$$

لعملية التنفس يتراوح بين ٢ ، ٣

إذا تجاوزت درجة الحرارة ٤٠°م انخفض معدل التنفس وذلك لما لدرجات الحرارة العالية من تأثير ضار على الانزيمات وعلى حيوية البروتوبلازم ٠

٢ – تركيز الأكسجين فى الجو المحيط بالأنسجة :

أوضح Stich ستتش من دراساته على نباتات مختلفة أن المعامل التنفس لايتأثر بخفض تركيز الاكسجين فى الجو فيما بين ٩% و ١٠% أما إذا انخفضت نسبة الأكسجين الى ٥% أو أقل فإن معامل التنفس للنباتات يرتفع ارتفاعا كبيرا عنه فى الهواء العادى ٠ وهذا يدل على أن النباتات الراقية تتنفس تنفسا لاهوائيا بجانب التنفس الهوائى عند خفض تركيز الأكسجين فى الجو المحيط بها عن حد معين يختلف بإختلاف نوع النبات وعلى ذلك فإن ثانى أكسيد الكربون المنطلق من هذه الأنسجة يكون مختلط المصدر فى هذه التركيزات المنخفضة من الأكسجين فتكون بعضه ناتجاً عن التنفس الهوائى وبعضه الآخر ناتجاً عن التنفس اللاهوائى ٠

وعلى العموم يوضح الشكل أن سرعة التنفس تقل كلما قل تركيز الأكسجين عن ٢٠% ويكون هذا النقص حاداً عندما تصل نسبة الأكسجين الى أقل من ٥% فى الجو المحيط بالنبات ٠

٣ – تركيز ثانى أكسيد الكربون :

تنخفض سرعة التنفس فى النبات بزيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون فى الجو المحيط به كلما تؤدى هذه الزيادة الى نقص قيمة معامل التنفس حيث يتأثر خروج ثانى أكسيد الكربون بدرجة أكبر من الأكسجين الممتص · وقد استخلصت النتائج التى حصل عليها الباحثون من دراسة تأثير الأكسجين وثانى أكسيد الكربون فى الجو استغلالا اقتصاديا فى حفظ الفواكه والخضروات فقد ثبت أن حفظ ثمار التفاح فى جو يحتوى على ٥% ك أ٢ ، ٣% أكسجين . ٩٢ر٠ نتروجين عند درجة حرارة ٤ – ٥ °م يؤدى الى انخفاض معدل التنفس وغيره من التحويلات لدرجة ان الثمار تحتفظ بجودتها مدة طويلة تصل الى ٨ أشهر ·

٤ – تركيز مادة التنفس :

تتأثر سرعة التنفس الى حد كبير بتركيز المادة الذائبة المستعملة فى التنفس فقد لاحظ كثير من الباحثين أن تنفس الأنسجة النباتية يزداد عند عمرها فى محاليل السكريات المختلفة وخاصة السكروز والجلوكوز والفركتوز والمالتوز · ويزداد كذلك تنفس الأوراق الخضراء فى الظلام عقب تعرضها للضوء مدة كافية وذلك لزيادة محتواها السكرى نتيجة قيامها بعملية البناء الضوئى ·

٥ – المحتوى المائى للأنسجة :

يتضح تأثير الماء فى التنفس من التجارب التى أجريت على البدور المختلفة وجد أنه فى حدود معينة يؤثر المحتوى المائى تأثيرا كبيرا فى معدل التنفس ، فزيادة المحتوى المائى من ١٢% الى ١٦% يؤثر تأثيرا ضئيلا على معدل التنفس ولكن زيادة المحتوى من ١٦% – أدى الى ارتفاع كبير فى معدل التنفس·

عندما يكون المحتوى المائى قليلا فان معظم الماء يكون فى صورة مرتبطة لاتلائم عمليات التحليل المائى للمواد العضوية المدخرة الى مواد بسيطة تستعمل فى التنفس ٠

وبزيادة نسبة الماء تصلح كمية منه كوسط للتفاعلات التحليلية وغيرها مما يؤدى الى زيادة التنفس ٠

أما الأنسجة التى تحتوى على نسبة عالية من الماء مثل الأوراق والثمار والدرنات فإن معدل تنفسها لايكاد يتأثر بالتغيرات العادية فى محتو ها المائى وذلك لأن قدرا كبيرا من الماء يكون فى حالة حرة ٠

٦ – الضوء :

بينت نتائج دراسات كثير من الباحثين أن الضوء لايؤثر تأثيرا مباشرا على تنفس الفطريات والنباتات الشاحبة والأنسجة الخالية من الكلوروفيل أما فى الأنسجة الخضراء فيكون تأثير الضوء فى التنفس غير مباشر إذ أن الزيادة فيه تعزى الى مايتكون من مادة التنفس فى أثناء البناء الضوئى ٠

وللضوء تأثيرا غير مباشر على التنفس ذلك لأنه يؤثر على اتساع فتحات الثغور التى يحدث خلالها تبادل الغازات كما أنه يرفع درجة حرارة الأنسجة وينتج عن هذه التأثيرات رفع سرعة التنفس ٠

٧ – تأثير اضافة بعض المواد الكيميائية :

تؤثر بعض المواد تأثيرا كبيرا فى التنفس إذا أضيفت الى الوسط الذى توجد فيه الخلايا وقد تبين أن تأثير هذه المواد مختلف باختلاف المادة المضافة وتركيزها ونوع النسيج المستعمل وكذلك فترة التعرض لهذه المادة ٠

ونظرا لأشتمال عملية التنفس على تفاعلات انزيمية متعددة فأن المواد المثبطة لنشاط انزيمات التنفس تؤدى الى انخفاض معدل التنفس اذا استعملت بتركيزات عالية أما التركيزات المنخفضة فإنها تحدث ارتفاعا مفاجئا فى سرعة التنفس لا يلبث أن يهبط مع مضى الوقت . ومن أمثلة هذه المواد المثبطة حامض الأيدروسيانيك HCN والأزايد Azide وأول اكسيد الكربون والفلوريدات وأيودو الخلات وكل منها يؤثر فى تفاعل انزيمى أو اكثر .

٨ - تأثير الجروح والمؤثرات الميكانيكية :

ظهر أن احداث الجروح فى الأنسجة النباتية يزيد معدل تنفسها زيادة مؤقته فاذا قطعت درنة بطاطس مثلا الى نصفين فإن معدل تنفس هذين النصفين يصبح أعلى بكثير من معدل تنفس الدرنة السليمة وتصل الزيادة فى التنفس غالبا الى نهايتها القصوى خلال يومين من القطع . وهذه الزيادة تعزى الى انطلاق ثانى أكسيد الكربون المتجمع فى المسافات البينية والى ازدياد تنفس الخلايا عند تعرضها للجو نتيجة لازدياد محتواها السكرى .

وقد لوحظ أن مجرد حك أوراق بعض النباتات أو ثنيها ينشط تنفسها فيرتفع ارتفاعا كبيرا ثم تثبت السرعة لعدة ساعات تعود بعدها الى الهبوط تدريجيا حتى تصل الى السرعة الأصلية .

٩ - العناصر الغذائية :

لوحظ من التفاعلات السابق ذكرها بالنسبة للتنفس اللاهوائي والهوائي أن أغلب الإنزيمات المتحكمه فى هذه التفاعلات يلزم لها مساعدات انزيمية من بعض العناصر المعدنية مثل Mn ، Mg، Cl، Fe وغيرها . فالمغنسيوم يلزم لتفاعلات الفسفرة وتفاعل نزع ك أ٢ في حيث البوتاسيوم يعمل كمساعد انزيمي في تفاعل انتاج حمض البيروفيك في حين ان الحديد يقوم بنفس العمل في تفاعل تحول حمض الستريك الي

الايزوستريك في التنفس الهوائي بل ويقوم المنجنيز كعامل مساعد للانزيم المتحكم في انتاج حمض الاوكسال سكسينيك ٠

وهناك أنواع أخرى من البكتريا تقوم بعمليات أكسدة من نوع خاص تؤدى وظيفة تنفسية إذ تنطلق فى أثنائها الطاقة ، وتشمل هذه العمليات على أكسدة مواد غير عضوية ٠ ومن أمثلة هذه البكريا بكتريا النيترة (النيتروسوموناس والنيتروباكتر) التى تؤكسد النشادر الى النيتريت ثم النيترات ، وبكتريا الكبريت التى تؤكسد كبريتيد الأيدروجين الى الكبريت مم الكبريتات ، وبكتريا الحديد التى تؤكسد الحدبدوز(ح $^{++}$) الى الحديديك (ح $^{+++}$) ثم بكتريا الأيدروجين التى تؤكسد الأيدروجين إلى ماء والطاقة المنطلقة من هذه التفاعلات تستغلها الخلايا البكتيرية فى بناء المواد الكربوايدراتية من ثانى أكسيد الكربون والماء وهى العملية التى يطلق عليها اسم البناء الكيميائى ٠

النسبة التنفسية (معامل التنفس) Respiratory Quotient : هى نسبة حجم ثانى أكسيد الكربون المتصاعد الى حجم الأكسجين الممتص فى أثناء التنفس :

$$\frac{\text{حجم ثانى كسيد الكربون المتصاعد}}{\text{حجم الأوكسجين المتصاعد}}$$

وتتوقف هذه النسبة على عدة عوامل منها نوع مادة الاستهلاك فإذا كانت مادة التنفس مادة كربوايدراية وكانت الأكسدة تامة فإن معامل التنفس يساوى الوحدة ٠

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + E$$

أى أن المعامل = $\frac{6}{6} = 1$

أما إذا أستخدمت فى التنفس مدة دهنية فانها تتطلب قدرا كبيرا من الأكسجين لكى يتم تأكسدها الى ثانى اكسيد الكربون والماء وذلك لأن نسبة الاكسجين فى أقل من نسبته فى جزئ المادة إلسكرية فمثلا

$$C_{57}H_{104}O_6 + 80O_2 \rightarrow 57CO_2 + 52H_2O + E$$

وعلى ذلك فإن معامل التنفس عندما تكون المادة المستعملة دهناً يقل عن الوحدة وتأكسد المواد الدهنية لايكون فى الحقيقة تأكسداً مباشراً بل إنها تتحلل أولا الى أحماض دهنية وجليسرين وكثير من الباحثين يعتقد أنها تتحول بعد ذلك الى سكرات بسطية تستهلك مباشرة فى التنفس وفى هذه التفاعلات تستهلك كمية كبيرة من الأكسجين لايقابلها خروج قدر من ثانى أكسيد الكربون أما اذا كانت مادة الاستهلاك التى من الكربوايدراتات بالنسبة للأكسجين كما فى الأحماض العضوية فإن الاكسجين المستهلك يكون أقل من ثانى أكسيد الكربون الناتج وهذا مايحدث فى بعض النباتات وخصة ذات الطبيعة العصيرية ٠

$$2\ \begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix} + O_2 \longrightarrow 4CO_2 + 2H_2O + E$$

(oxalic acid) ٨

معامل التنفس = ١ر٦

$$2\ \begin{matrix} CH\text{-}OH\text{-}COOH \\ | \\ CH\text{-}OH\text{-}COOH \end{matrix} + 5O_2 \longrightarrow 8CO_2 + 6H_2O + E$$

وقد يحدث لا تتأكسد مادة الاستهلاك أكسدة تامة الى ثانى أكسيد الكربون وماء بل تتحول الى أحماض عضوية تتراكم فى الخلايا ففى الفصيلة الصبارية يتكون حامض الماليك وتمثل المعادلة الآتية تكون حامض الماليك من السكر ٠

$$2C_6H_{12}O_6 + 3O_2 \rightarrow 3\ \begin{matrix} CHOHCOOH \\ | \\ CH_2COOH \end{matrix} + 3H_2O + E$$

وفى هذه الحالة لايصحبه الأكسجين الممتص خروج أية قدر من ثانى أكسيد الكربون وبذلك تنخفض قيمة معامل التنفس بدرجة كبيرة فقد بلغت قيمة المعامل فى أحدى التجارب التى أجريت على نبات التين الشوكى ٠٫٠٣ر٠

وبالاضافة الى العوامل الداخلية تؤثر بعض العوامل الخارجية كذلك فى قيمة معامل التنفس ٠ فارتفاع درجة الحرارة مثلا فى حدود معينة يرفع من قيمة هذا المعامل بالقدر الذىتتأثر به سرعة عمليات التأكسد ٠ ففى حالة النباتات العصيرية التى سبق ذكرها يساعد ارتفاع درجة الحرارة على تأكسد الأحماض العضوية التى تراكمت فى درجات الحرارة المنخفضة ، ومن ثم يزيد معامل التنفس ٠ كذلك يؤدى انخفاض تركيز الاكسجين فى الجو المحيط بالنبات عن نسبة معينة – تختلف باختلاف النبات المستعمل – الى ارتفاع معامل التنفس وذلك لاحتمال خروج كمية من ثانى أكسيد الكربون من عمليات لاهوائية لاتتطلب امتصاص الاكسجين ولزيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون فى الجو المحيط بالنبات تأثير ملحوظ فى خفض معدل التنفس ولما كان النقص فى ثانى أكسيد الكربون المتصاعد أكبر منه بالنسبة للأكسجين الممتص فإن معامل التنفس ينخفض هو الآخر ٠

طرق تقدير معدل التنفس :

يستخدم فى قياس معدل التنفس عدة طرق أساسها تقدير الأكسجين الممتص أو ثانى أكسيد الكربون المتصاعد أو كليهما معا والأخيرة المستخدمة لذلك كثيرة مثل طريقة التيار الهوائى المستمر ، مقياس جانونج للتنفس Ganong's Respirometer والطرق المانومترية ٠

ويجب عندما يراد قياس سرعة التنفس لنبات أخضر أن يحجب عنه الضوء حتى لايتعرض التبادل الغازى لتعقيدات مصدرها حدوث البناء الضوئى جنباً الى جنب مع

التنفس إذ المعروف أن مايمتص فى العملية الأولى يتصاعد أثناء العملية الثانية والعكس بالعكس ٠

مراجع مختارة :

1- Brand, M. D. (1994) : The stoichiometry of proton pumping and ATP synthesis in mitochondria . Biochem. 16(4):20-24 .

2- Bruhn, D., Mikkelsen, T. N. and Atkin, O. K. (2002) : Does the direct effect of atmospheric CO_2 concentration on leaf respiration vary with temperature ? Responses in two species of Plantago that differ in relative growth rate . Physiol. Plant. 114: 57-64 .

3- Budde, R. J. A. and Randall, D. D. (1990) : Pea leaf mitochondrial pyruvate dehydrogenase complex is inactivated in vivo in a light-dependent manner . Proc. Natl. Acad. Sci. USA 87:673-676 .

4- Dennis, D. T. and Blakely, S. D. (2000) : Carbohydrate metabolism . In Biochemistry and Molecular Biology of Plants, B. Buchanan, W. Gruissem, and R. Jones, eds., American Society of Plant Physiologists, Rockville, MD, pp. 630-674 .

5- Dennis, D. T.; Huang, Y. and Negm, F. B. (1997) : Glycolysis, the pentose phosphate pathway and anaerobic respiration . In Plant Metabolism, 2nd ed., D. T. Dennis, D. H. Turpin, D. D. Lefebvre, and D. B. Layvell, eds., Longman, Singapore, pp. 105-123 .

6- Drake, B. G.; Azcon-Bieto, J.; Berry, J.; Bunce, J.; Dijkstra, P.; Farrar, J.; Gifford, R. M.; Gonzalez-Meler, M. A.; Koch, G.; Lambers, H.; Siedow, J. and Wullschleger, S. (1999) : Does elevated atmospheric CO_2 concentration inhibit mitochondrial respiration in green plants? . Plant Cell Environ. 22: 649-657 .

7- Givan, C. V. (1999) : Evolving concepts in plant glycolysis . Two centuries of progress . Biol. Rev. 74:227-309 .

8- Griffin, K. L.; Anderson, O. R.; Gastrich, M. D.; Lewis, J. D.; Lin, G.; Schuster, W.; Seemann, J. R.; Tissue, D. T.; Turnbull,

M. H. and Whitehead, D. (2001) : Plant growth in elevated CO_2 alters mitochondrial number and chloroplast fine structure . Proc. Natl. Acad. Sci. USA 98:2473-2478 .

9- Hoefnagel, M. H. N., Atkin, O. K. and Wiskich, J. T. (1998) : Interdependence between chloroplasts and mitochondria in the light and the dark . Biochem. Biophys. Acta. 1366: 235-255 .

10- Jahnke, S. (2001) : Atmospheric CO_2 concentration does not directly affect leaf respiration in bean or poplar . Plant Cell Environ. 24: 1139-1151 .

11- Kruger, N. J. (1997) : Carbohydrate synthesis and degradation . In Plant Metabolism, 2nd ed., D. T. Dennis, D. H. Turpin, D. D. Lefebvre, and D. B. Layzell, eds., Longman, Singapore, pp. 83-104 .

12- Leon, P., Arroyo, A. and Mackenzie, S. (1998) : Nuclear control of plastid and mitochondrial development in higher plants . Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 49:453-480 .

13- Marienfeld, J., Unseld, M. and Brennicke, A., (1999) : The mitochondrial genome of Arabidopsis is composed of both native and immigrant information . Trends Plant Sci. 4:495-502 .

14- McCabe, T. C.; Daley, D. and Whelan, J. (2000) : Regulatory, developmental and tissue aspects of mitochondrial biogenesis in plants . Plant Biol. 2:121-135 .

15- Møller, I. M. (2001) : Plant mitochondrial and oxidative stress . Electron transport, NADPH turnover and metabolism of reactive oxygen species . Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 52: 561-591 .

16- Møller, I. M. and Rasmusson, A. G. (1998) : The role of NADP in the mitochondrial matrix . Trends Plant Sci. 3:21-27

17- Nicholls. D. G. and Ferguson, S. J. (2002) : Bioenergetics 3, 3rd ed. Academic Press, San Diego, CA.

18- Noctor , G. and Foyer, C. H. (1998) : A re-evolution of the ATP-NADPH budget during C_3 photosynthesis : A contribution from nitrate assimilation and its associated respiratory activity . J. Exp. Bot. 49:1895-1908 .

19- Sachs, M. M., Subbaiah, C.C. and Saab, I. N. (1996) : Anaerobic gene expression and flooding tolerance in maize . J. Exp. Bot. 47:1-15 .

20- Schroeder, J. I.; Allen, G. J.; Hugouvieux, V.; Kwak, J. M. and Waner, D. (2001) : Guard cell signal transduction . Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.52: 627-658.

21- Vanlerberghe, G. C. and McIntosh, L. (1997) : Alternative oxidase : From gene to function . Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 48:703-734 .

22- Vedel, F., Lalanne, É., Sabar, M., Chétrit, P. and De Paepe, R. (1999) : The mitochondrial respiratory chain and ATP synthase complexes : Composition, structure, and mutational studies . Plant Physiol. Biochem. 37:629-643 .

الفصل التاسع

النمو

Growth



مقدمة :

الحمد لله الذى علم الانسان مالم يعلم ، والذى قال فى محكم التنزيل " مثل الذين ينفقون أموالهم فى سبيل الله كمثل حبة أنبتت سبع سنابل فى كل سنبلة مائة حبة والله يضاعف لمن يشاء والله واسع عليم " . إن هذا التشبيه الرائع بالحبة التى لها المقدرة فى تكون سبعمائة حبة لهو الدليل الواضح لامكانية النبات على النمو بصورة قصوى ممايؤدى الى زيادة تكوين الاثمار والبذور التى تعتبر الأساس المادى لغذاء الانسان ؛ فى هذا العصر الذى شعرت فيه مختلف أمم الأرض الى زيادة الانتاج الزراعى وتوفير المأكل لملايين البشر.

إن من أكثر الأشياء الواضحة التى تؤديها النباتات هو قيامها بالنمو . وتعتبر هذه عملية طبيعية ذات أساس مادى لوجودنا . وأن هذه التغيرات العظيمة ربما تحدث دون الالتفات اليها ، الا أنه حينما تنتهى البذرة الى نبات ناضج ، فان حجمها وشكلها يتغيران بصورة واضحة حيث تظهر الجذور والسيقان والأوراق ، وخلال النضوج تتكون وتنمو الأعضاء المسؤولة عن التكاثر كالأزهار والثمار والبذور .

وهذه التغيرات الشكلية الواضحة التى ترافق النمو فى الحجم تدعى التكوين Development وبما أن النباتات تتكون من خلايا ، فيمكننا أن نستدل على وجود تغيرات فى عدد وأنواع هذه الخلايا التى تؤدى الى النسيج التامى . وهذا التغير فى الطراز الخلوى يدعى التميز Differentation ، فالنمو لايتكون كيفما اتفق بل بصورة منطمة : فمثلاً ، يكون يكون شكل الأوراق الناضجة بصورة اعتيادية ثانيا بالنسبة لنباتات معينة وكذلك تكون الثمار على الجذوع وليس على الجذور . وهذا التنظيم الطبيعى للنمو يتضمن عمل المنظمات Controls .

أولا ـ النمو :

تعريف النمو :

النمو فى أى نبات هو محصلة مجموعة من العمليات الحيوية التى تشمل الانقسام الخلوى والزيادة فى حجم الخلايا الجديدة الناتجة من الانقسام وتتميز هذه الخلايا الى أنواع مختلفة من الأنسجة ٠ ومراحل النمو هذه تكون مصحوبة :

١ ـ بالتغير المستديم فى الحجم ٢ ـ بالزيادة فى الوزن الجاف للمناطق النامية٠

تختص الخلايا المرستيمة عادة بالنمو فى النبات وتوجد هذه الخلايا المرستيمة الأولية فى أقصى قمم الجذور والسيقان بينما توجد الخلايا المرستيمة الثانوية فى المناطق المتقدمة العمر مثل الكامبيوم والذى يعطى أنسجة توصيلية إضافية وطبقات خارجية لحماية النبات وهذه الطبقات تتكون عادة من الفلين ٠ أما عن متعلقات النمو فى النبات فهى عبارة عن التأثير الناتج من تأثر نشاط أى خلية مرستيمة بنشاط خلية مرستيمة خاصة الخلايا المجاورة ومثال ذلك السيادة القمية المتمثلة فى التأثير المثبط للمرستيم القمى الموجود فى البرعم الطرفى على الخلايا المرستيمية النشطة فى البراعم الجانبية ٠

منحنى النمو فى النبات :

عندما تتوافر الظروف الملائمة للنمو تحدث زيادة مطردة ومميزة للنمو فى مناطق النمو المختلفة فى النبات ويمكننا تقسيم مراحل النمو هذه الى أربع مراحل رئيسية تتمثل فى :ـ

١- المرحلة التمهيدية Lag phase : وتتميز هذه المرحلة بالنمو البطئ فى الخلايا ٠

٢- مرحلة النمو السريع Log phase : وتتميز هذه المرحلة بالزيادة المطردة في نمو النبات ·

٣- مرحلة النقص فى النمو Decreasing growth rate : وتتميز بالنقص فى معدل النمو إذا ماقورنت بالمرحلة السابقة ·

٤- مرحلة الثبات فى النمو : وتتميز بثبات عملية النمو فى النبات (بمعنى أن عدد الخلايا المفقودة يساوى عدد الخلايا الجديدة) ·

ويسمى الوقت الذى تستغرقة جميع هذه المراحل بالوقت الاجمالى أو الكلى للنمو Grand period of growth ولو رسمت العلاقة بين معدل النمو والزمن ينتج منحنى على شكل حرف S ويسمى منحنى السيجميدى Sigmoid curve of growth

مراجع مختارة :

1- Assad, F.; Mayer, U.; Warner, G. and Jürgens, G. (1996) : The KEULE gene is nvolved in cytokinesis in *Arabidopsis* . Mol. Gen. Genet. 253:267-277 .

2- Bowman, J. L. and Eshed, Y. (2000) : Formation and maintenance of the shoot apical meristem . Trends Plant Sci. 5:110-115 .

3- Brand, U.; Fletcher, J. C.; Hebo, M.; Meyerowitz, E. M. and Simon, R. (2000) : Dependence of stem cell fate in *Arabidopsis* on a feedback loop regulated by CLV3 activity . Science .289:617-619.

4- Chen, J.-G.; Ulah, H.; Young, J. C.; Sussman, M. R. and Jones, A. M. (2001) : ABP1 is required for organized cell elongation and division in Arabidopsis embryogenesis . Genes Dev. 15:902-911.

5- Christensen, D. and Weigel, D. (1998) : Plant development : The making of a leaf Curr. Biol. 8:643-645.

6- Clark, S. E.(2001) : Cell signaling at the shoot meristem . Nature Rev. Mol. Cell Biol.

7- Delvin, P. F. and Kay, S. A. (2000) : Cryptochromes are required for phytochrome signaling to the circadian clock but not for rhythmicity. Plant Cell . 12:2499-2509 .

8- Gisel, A., Hempel, F. D., Barella, S. and Zambryski, P. (2002) : Leaf-to-shoot movement of symplastic tracer is restricted coincident with flowering *Arabidopsis* . Proc. Natl. Acad. Sci. USA 99:1713-1717 .

9- Guo, H.; Yang, H.; Mockler, T. C. and Lin, C. (1998) : Regulation of flowering time by *Arabidopsis* photoreceptors . Science . 279:1360-1363 .

10- Hamilton, A. J., and Baulcombe, D. C. (1999) : A species of small anti-sense RNA in posttranscriptional gene silenceing in plants . Science . 289:950-952.

11- McDaniel, C. N.; Hartnett, L. K. and Sangrey, K. A. (1996) : Regulation of node number in day-neutral *Nicotiana tabacum* : A factor in plant size . Plant J. 9:56-61.

12- Reid, J. B.; Murfet, I. C.; Singer, S. R.; Weller, J. L. and Taylor, S. A. (1996) : Physiological genetics of flowering in *Pisum* . Sem. Cell Div. Biol. 7:455-463 .

13- Simon, R.; Igeno, M. I. and Coupland, G. (1996) : Activation of floral meristem identity genes in *Arabidopsis* . Nature . 384:59-62 .

14- Yanovsky, M. J. and Kay, S. A. (2001) : Signaling nrtworks in the plant circadian rhythm . Curr. Opinion in Plant Biol. 4:429-435.

15- Yanovsky, M. J.; Mazzella, M. A.; Whitelam, G. C. and Casal, J. J.(2001) : Resetting the circadian clock by phytochromes and cryptochromes in *Arabidopsis* . J. Biol. Rhythms 16:523-530 .



أولاً: التحكم أو تنظيم النمو والتكشف

The Control or Regulation of Growth and Differentiation (Plant Phenology)



مقدمة :

قبل أن ننوة على موضوع التحكم أو تنظيم عملية النمو والتكشف في النبات يحب أن ننوة الى الآتي:

Differentiation : هو التشكل أو التميز وهو عبارة عن التغيرات التي تؤدى في النهاية لتكوين تركيبات مختلفة أو متميزة ولا يعتبر هذا نموا ولكن ملازم له٠ كما في تشكل الخلايا المرستيمية حيث تنمو زوائد صغيرة من المرستيم المحور في ترتيب سوارى منتظم وهذه الزوائد هي التي يتكون فيها أجزاء الزهرة بطريقة تشبة تكوين الأوراق وبذلك يقال أن البرعم تكون وان الـ Differentiation قد حدث ٠

Development : هو التكشف أو محصلة التأثير الكلى الناتج عن التميز والنمو في تسلسل محدد أو هو التغير في الشكل والتخصص والانتقال من مرحلة إلي أخري ٠

of development Canalization : هو دخول خليتين أو مجموعة من الخلايا في قنوات التطور والتكشف غير رجعية وفيها يكون أمام الخلايا المنقسمة عدة مسالك Alternative pathways للتطور تنتج من الانقسام الغير متساوي للسيتوبلازم ٠ فالزيجوت تتكشف خلاياه أما الى ساق أو جذر أما الساق فتتكشف خلاياه ألى أعضاء مختلفة ساق او أوراق وبراعم و أزهار ، وبداخل كل عضو يحدث تخليق لأنسجة مختلفة وبداخل كل نسيج يحدث تخليق لخلايا٠

Determination in plant : هو تحديد شكل العضو وهى مرحلة تالية للتميز فعندما يصل العضو مثل primordium leaf الى مرحلة متقدمة لا يمكن أن يرجع ليكون نسيج أخر يقال أنة حدث له تحديد Determined .

Induction : وهو الحث حيث أن كثير من العمليات الفسيولوجية تبدأ بمرحلة حث مثل الحث الزهري Induction flower وهى تسبق التخليق أو التميز الزهري وهو

تميز فسيولوجي غير عرني يتعلق بالظروف الأيضية دلخل المرستيم تلى تلك المرحلة ٠

Initiation : وهو أول تغير ميكروسكوبي يحدث عند تحول المرستيم الخضري الى مرستيم زهرى وهو تغير يشمل شكل المرستيم إذ يبدوا كما لو كان قد تعطل في الجزء المركزي حتى يصبح مفلطحاً عند قمتة بدلا من شكلة المخروطي ٠

التكشف على مستوى الخلية والنسيج والنبات :

يحدث التكشف ابتداء من الزيجوت حيث ينمو قطبيا متأثرا بالعوامل البيئية مثل الضوء كماً وكثافة ، كمية الأوكسيجين المتاحة لكل خلية أو نسيج ، كمية الماء المتاحة، ضغط الخلايا المجاورة ، كمية لغذاء العضوي والمعدني المتاح بالخلية نتيجة توزيع السيتوبلازم الغير متساوي ، الجاذبية الأرضية ، درجة pH الخلية ، اختلاف الجهد الكهربى غير الخلايا المختلفة واخيراً كمية ونوع الهرمونات المتمركزة بالخلايا نتيجة توزيع السيتوبلازم الغير متساوي ٠فتنقسم خلايا الزيجوت الى عدد كبير لتكوين الجنين كل خلية من الخلايا المتكاثرة تحتوى على نفس التركيب الوراثي لخلية الزيجوت الأم ولكن بالرغم من ذلك فالخلايا الناتجة تتميز الى أنسجة (جذور وسيقان)٠

أما التكشف على مستوى الأنسجة والنبات فيظهر جلياً فى النباتات الخشبية حتى تتميز الي طورين هي Juvenile , Adult تمتاز الأولى بعدم مقدرة النباتات على الإزهار ولكن ليس الإزهار هو الفرق الوحيد بين الطورين فحسب بل هناك فروق أخرى تؤثر في الحد من الصفات الخضرية وكذلك فروق تشريحية بين قمم الفروع في كلا من الطورين حيث يتميز طور البلوغ بوجود مساحة مرستيمية أصغر من تلك الموجودة في طور البادرة ٠

مما تقدم يظهر السؤال القائل ما هي العوامل التي تؤدى الى التكشف وظهـور الظواهر الفسيولوجية المختلفة ولماذا تتكشف خلية معينة لتصبح خلية وعـاء خـشب وأخرى لتصبح خلية مرافقة بالرغم من أن الخليتين لهما نفس التركيب الوراثي ولماذا

تتكشف مجموعة من الخلايا المرستيمية لتعطى فرع خضري وأخرى لتعطى زهـرة ـهو ما يعرف Morphogenesis ويبدو أن هناك عوامل كثيرة تتظافر تؤدى الي لتحديد والتكشف ·

لتكشف البيوكيميائى :

هناك مظاهر كثيرة تختص بالتكشف البيوكيميائى مثل الاختلافات بين الأنسجة ـي مقدرتها على إنتاج الأنزيمات والأحماض الأمينية والفيتامينات والقلويدات وتخزين لمواد الغذائية هذه الاختلافات في مقدرة الخلايا على إنتاج أو عدم إنتاج تلك المواد بعنى بالضرورة تنشيط جينات معينة أو قمعها وقد وجدت كثير من الأدلة على ختلافات الخلايا في مقدرتها على التمثيل الحيوي مثل امتصاص الجذور في تمثيل بعض الأحماض الأمينية مثل حمض الجلوتاميك وحمض الأسبارتيك بينما الأوراق نمثل أحماض الأرجنين وحمض الفالين والتريبتوفان كما أن القلويدات تمثل في الجذور ولا تمثل في الأوراق وتنتقل من الجذور لتخزن في الأوراق كما في نبات ألا تروبا كذلك بعض الهرمونات تتكون في الجذور مثل السيتوكينين والجبرللين ثم تنتقل الى لأوراق في حين الأوكسين يمثل في القمم النامية للفروع والأوراق الحديثة كذلك نجد عند زراعة قمم الجزر *In Vitro* نجدها تحتاج بالضرورة الى فيتامين الثيامين والبيرودكسين وحمض النيكوتين في بيئتها للحصول على نبات كامل هذا يعنى ان تلك لفيتامينات لاتمثل في البذور بل تمثل في الأوراق والأفرع ثم تنتقل للجذور حتى بمكنها النمو بدليل عدم قدرة الجذور المفصولة على النمو بدون أضافتها للبيئة الغذائية·

مما تقدم يعنى أن الأعضاء المختلفة تختلف في قدرتها على التمثيل الضوئى لكيميائي وهذا دليل على أن بعض الجينات تكون في حالة نشاط Turning on والبعض الأخر في حالة قمع Turning off وهذا يؤدى ألي ذلك الاختلاف وهو ما يعرف بنظام Switching genes on and off .

نوع التنظيم داخل الخلية Type of regulation in plant :

اتفق الفسيولوجيون منذ ١٩٠٣ على أن النمو والتكشف وبمعنىأشمل جميع المراحل الفسيولوجية للنبات ما هي الا نتج سلسلة من التفاعلات الحيوية والتي تتأثر بعديد من العوامل الداخلية والخارجية ويكون تنظيمها عن طريق تنظيم عمليات التمثيل الحيوي ويمكن تلخيص طرز التنظيم كما يلي .

أ- التنظيم بتأثير العوامل الداخلية:

١ - تنظيم نشاط الجين

٢- تنظيم نشاط الأنزيم

٣- التنظيم بواسطة الهرمونات الداخلية

ب- التنظيم بتأثير العوامل الخارجية :

١- درجة الحرارة

٢- الضوء ونظام الفيتو كروم

أولا: التنظيم بتأثير العوامل الداخلية :

١- تنظيم نشاط الجين :

يشمل تنظيم نشاط الجين تنظيم كل من عمليتي النسخ وعملية الترجمة لأن تلك العملتين متتبعتان في تسلسل يؤدى في النهاية الى تكوين الببتيد انعديد والبروتين أو بمعنى أخر بروتين الإنزيم ففي سنة ١٩٦١ أعلن Monod & Jacob اقتراحهم حول تنظيم عملية النسخ والتي عرفت فيما بعد بنموذج Monod & Jacob وتبعا لهذا الاقتراح فقد قسمت الجينات الى ثلاث أنواع وهى :

١- Regulator Genes وهى الجينات المنظمة لعمل عديد من الجينات الأخرى والتي يطلق عليها اسم الجينات العاملة ٠

٢- Operator Genes وهى الجينات العاملة التي تقوم بدور عامل التليفون وهى التي تتحكم في فتح وغلق عدد كبير من الجينات الأخرى التي يطلق عليها Structural Genes .

٣- Structural Genes وهى الجينات المسئولة عن التركيب الخاص بالبروتينات أو ببروتين الإنزيم ولقد افترض تنظيم نشاط الجين يكون عن طريق Regulator Genes والذي يتحكم في Genes Regulator الذي بدورة يقوم بفتح أوقفل عدد من Structural Genes المسئولة عن إنتاج أنزيمات معينة تؤدى تفاعلات بيوكميائية في سلسلة ينتج عنها في النهاية ظاهرة فسيولوجية معينة ·ويتم ذلك بأن يقوم Regulator Gene بإفراز مثبط لعمل Operator Genes ويطلق على هذا المثبط اسم القامع او الكابح وقد اقترح Gelbert 1967 أن عديد من هذه Repressor هي عبارة عن بروتينيات تقوم بمنع الجين العامل وبالتالي لا تؤدى وظيفتها كما اقترح Monod & Jacob أن الكابح يمكن تثبيطة بمادة ذات وزن جزيء منخفض أطلق عليها Effector والتي تلغى قدرة الكابح على العمل وبالتالي يصبح Operator Genes حر تاركا Structural Genes قادرة على العمل من خلال إصدارها الأوامر الخاصة بتكوين البروتين وهى m-RNA وبالتالى لانتاج إنزيمات متخصصة لاتمام تفاعلات معينة وظهور ظاهرة فسيولوجية أو صفة أو تميز خلوي أو تكشف خلايا أو أنسجة معينة ٠

هناك عدة اقتراحات لطبيعة عمل Effector أول تلك الاقتراحات هي:

أ- Induction Substrate : وفيها يفترض أن مادة التفاعل هي التي تقوم بدور Effector حيث أن القامع يتكون باستمرار الى أن يتوافر تركيز

معين من مادة التفاعل فتقوم بالتأثير على القامع فتغير تركيبة الجزيئي وبذلك يصبح غير قادر على التأثير على (Operator gene) وبالتالى تتمكن Structural genes في إرسال m-RNA وتكوين الأنزيمات الخاصة بالعمل على مادة التفاعل Substrate وبذلك تكون مادة التفاعل هي المحفزة على إنتاج الأنزيمات بطريقة غير مباشرة.

ب- End product repression : في هذا الافتراض أن الكابح أو القامع الذي ينتيجة Regulator gene يكون غير نشط في بادئ الأمر وبالتالى لا يستطيع أن يقوم بعملية Inactive يسمح Operator الى Structural بالعمل في إفراز mRNA وانتاج الأنزيمات التي تعمل على أداء تفاعلات معينة يكون من نواتجها مواد "End product" تعمل على تنشيط القامع لأداء عملة وإيقاف إنتاج الإنزيمات وإيقاف التفاعل بالتالي . ونواتج التفاعلات هذه تكون ذات أوزان جزيئية منخفضة فهي التي تقوم بدور Effector في هده الحالة.

ج- Repression by Histones : هذه النظرية تفترض أن البروتين القاعدي المعروف بالهستون والذي يحتوي على نسبة كبيرة في تركيبه على الحمض الأميني الأرجنين والليسين" والموجود بالكروموسومات يعمل كمادة مثبطة لفصل المادة الوراثية إذا ما اتحد بها وبذلك ينظم فعلها من المراحل الجنينية وحتى الموت.

وهناك تجربة مثيرة تشير إلى أن الهستون هو المنظم لنشاط الجين وذلك من خلال استخدام نظام Cell free system وفى هذا النظام يتم عزل إحدى عضويات الخلية مثل الكلوروبلاست أو الريبوسوزومات أو الميتوكوندريا للمراد دراسة ما بها من التفاعلات ويضاف أليها الأنزيمات الضرورية ومعاونات الأنزيمات ومواد التفاعل لاختبار سير التفاعلات بها" .

في هذه التجربة ولدراسة تحكم البروتين الهستوني في عملية النسخ والترجمة في النباتات البقولية والتي تقوم بتخزين Globulin في فلقاتها مثل البسلة ·تم استخدام نظام Cell free system وذلك بعزل كروماتين من البراعم الجانبية ومن الفلقات ·الكروماتين يحتوي علي DNA الخاص بالمعلومات الوراثية الخاصة بإنتاج الجلوبيولين بالإضافة إلى البروتين الهستوني· ويضاف إلية كل المكونات المطلوبة لتكوين m RNA وأنزيمات الخاصة بعملية تكوينه مثل أنزيم RNA polymeraze وكذلك الريبوزومات المسئولة عن عملية الترجمة وتستخدم بكتريا *E. Coli* كمصدر لتلك المركبات كذلك يشمل Cell free system الأحماض الأمينية جميعها وعادة يضاف الليسين المعلم leucine C^{14} لأنه يدخل في تركيب البروتين القاعدي المعروف بالهستون لاختبار مكان وجودة· ثم يحضن هذا النظام ويختبر بعد ذلك تكوين Globulin من عدمه·

وقد وجد أنة عند استخدام كروماتين من البراعم الجانبيه لم ينتج عنها تكون Globulin· أما الكروماتين المعزول من الفلقات فقد أمكن بواسطة إنتاج Globulin من خلال نظام Cell free system وذلك لاحتواء الأول علي الهستون وخلو الثاني منه وعند فصل DNA عن البروتين الهستونى من كل من نوعي الكروماتين أمكن تخليق Globulin في نظام Cell free system .

ولقد وجد من الدراسات المتقدمة أن كميه الهستونات تتغير مع تغيير طور النبات وأثناء الانقسامات الميتوزية للخلايا واثناء تكوين حبوب اللقاح وتطور الأزهار فقد أختفي الهستون من تلك الأعضاء لذلك وجد الباحثون أن افتراض أن الهستون هو المنظم لنشاط الجين افتراض مقبول ولكن ما زلنا نحتاج الي كثير من الإدلة علي ذلك·

والسؤل الذي يطرح نفسه ألان هو كيف يعمل الهستون علي تنظيم نشاط الجين وهناك احتمالين لذلك هناك عدة افتراضات :

أ- الافتراض الأول Possibility I: يتحد الهستون مع DNA فيؤدى ذلك إلى تقلص الكروموسوم ويطلق علية حينئذ Heterochromatic يتم ذلك اثناء الانقسام وبذلك يتقدم نشاطه ٠

ب- الافتراض الثانى Possibility II يقوم الهستون بحجب RNA وبالتالي لا يتكون m RNA ويقوم هنا بدور Masked.

٢- تنظيم نشاط الأنزيم A cavity regulation of enzyme :

من المعروف أن الأنزيمات تساعد علي إتمام التفاعلات الكيميائية الحيويه بخفض طاقة التنشيط اللازمة لجزىء المادة المتفاعلة لكي تتفاعل وذلك عن طريق اتحاده أو ملامسته لها فيتكون المركب الجديد ذو طاقه تنشيط اقل فيتم التفاعل٠ويلزم لتأثير الأنزيم وجود مواقع متقابلة من الأنزيم والمادة المتفاعلة Substrate لكي يتم التجمع السطحي للمادة المتفاعلة علي جزيئات الأنزيم ويطلق علي تلك المواقع في الأنزيم اسم المراكز النشطة وهي عبارة عن مجموعات قابله للتأين مثل مجموعات الكربوكسيل في الأحماض الامينيه ومجموعة Imidozole في الحمض الأميني الهشتين ومجموعة السلفهيدريل للسستين ومجموعة الآمين لنيسين أو طرف السلسلة الببتيديه ٠

ويتم تنشيط أو تثبيط التفاعلات الحيوية وبالتالي الظواهر الفسيولوجيه بتنشيط أو تثبيط الأنزيم ويتم ذلك بعدة وسائل٠

- التثبيط بالتنافس Competitive inhibition (Isosteric effete) :

هناك بعض المواد التي قد تتشابه مع Substrate تقوم بالادمصاص علي سطح الأنزيم وينتج عن تجمعها السطحي شغل المراكز النشطة للأنزيم وبالتالي منعة من أداء عمله ويطلق علي ذلك التثبيط اسم التثبيط بالتنافس أو Isosteric effect .

: End product inhibition (Allosteric effect) -

افترض Bielka 1969 أن نواتج التفاعل قد تؤدي الي تثبيط فعل الإنزيم و في هذه الحالة يطلق عليها Allosteric و يجب عدم الخلط يكون نواتج التفاعل تعمل كمثبط للأنزيم أو كونها Effection تعمل على تنشيط الكابح الذي يؤثر في Operator genes وعليه فتراكم نواتج التفاعلات تعمل على تثبيط أو تقليل سرعة التفاعل الأنزيمي و يرجع ذلك الى أن تركم النواتج يعمل على إسراع التفاعل العكسي Reversibility of enzyme action أو أن تراكم نواتج التفاعل على المراكز النشطة للأنزيم تقلل من قوة تنشيطه أو تثبيطه كما سبق الإشارة أو قد تسبب نواتج التفاعل تغير درجة تركيز أيون الأيدروجين لوسط التفاعل و الذي يعمل على تغير حالة التأين في المراكز النشطة للأنزيم أو يؤثر على قرائن الأنزيمات و بذلك يصبح الإنزيم غير مناسب للعمل فمثلا ينتج عن تحلل الدهون الجليسرول و الأحماض الدهنية و تسبب الأخيرة انحراف درجة أيون الأيدروجين في وسط التفاعل للناحية الحمضية و كذلك نجد عند تحلل اليوريا الي CO_2 ، NH_3 والتي تسبب انحراف درجة تركيز أيون الأيدروجين للناحية القلوية.

٣ – التنظيم بواسطة الهرمونات الداخلية : Regulation by phytohormones

أدت ملاحظة إضافة IAA ، Kinetin الى الأنسجة الى زيادة تمثيل RNA والبروتين كما أن إضافة GA يؤدى لانتاج إنزيم ألفا أميليز في طبقة ألأليرون في بذور الشيلم الي اقتراح أن تأثير الهرمونات ربما يكون عن طريق تنشيط الجين والأمثلة التي تؤيد ذلك كثيرة :

عند معاملة نسيج الكلس لنبات الدخان *In Vitro* بالأوكسين بمستوى عالي ومنخفض من الكينيتين ينتج من الكلس جذوراً وعندما يكون مستوى ألأوكسين منخفض و الكينيتين عالي أدى ذلك الى تكشف نسيج الكلس إلى براعم خضريه .

تشجيع الأزهار في نباتات Long day plant و الارتباع باستخدام GA وهذا يعني أن الهرمونات تعمل على تغيير نشاط أو قمع الجينات ٠

هناك إشارة الى أن الهرمونات تشترك في تحديد الجنس في النباتات و يبدو أن نسبه ألأوكسين و والجبرللين هو المحدد للجنس فيغلب تكوين الأعضاء الأنثوية في وجود مستوى عالي من ألأوكسين و الأعضاء المذكرة في وجود مستوى عالي من الجبرللين ٠

عند تطويش فرع من نبات البطاطس فان البراعم الأبطية تنمو كورق أما إذا أضيف كلا من IAA ، GA معاً فان تغيرات في الشكل لظاهري للفرع قد تحدث فتتبدل الأوراق بحراشيف عديمة اللون وتستطيل السلاميات و تتجه الفروع الى الأرض بدلا من نموها الرأسي و عند إضافة الكينتين الى قمة الساق الغير طبيعية فان الساق يغير سريعا من شكله الظاهري و يصبح ساق قائم و ذو أوراق عادية من ذلك يتضح أن الشكل هنا يتغير نتيجة تداخل كل من ألأوكسين و الجبرللين و السيتوكينين٠

عند معاملة عقل السوق الخشبية بـ ل IAA فانه يشجع انقسام الكمبيوم و تكشف خلايا الخشب و إذا أضيف GA فانه يشجع انقسام الكمبيوم و تتكشف الى خلايا اللحاء و عند إضافة GA + IAA في وقت واحد فان انقسام الكمبيوم ينشط و يتكون الخشب واللحاء بصورة طبيعية ٠ هذه الملاحظة توضح أن طبيعة الاستجابة تعتمد على نسيج الكمبيوم نفسه و الهرمونات هنا تساعد على التكشف أي أن وجود أو غياب الهرمونات يحدد إذا كان الكمبيوم سوف يتكشف أم لا ولكن قدرة الكامبيوم على تكوين خشب للداخل و لحاء للخارج فيعتمد على نسيج الكمبيوم نفسه و ليس للهرمونات دخل في ذلك ٠

وعليه فإذا سلمنا بأنه من الجائز بان الهرمونات تتحكم في Switch gene mechanism فليس المستحب القول أن العدد المعروف من الهرمونات هو الذي يتحكم في العدد الهائل من الجينات بالنبات Gene background .

وهناك عدة احتمالات لميكانيكية عمل الهرمون في تنشيط الجين · نجملها في الأتي:

ا – الفرض الأول يشير الى أن تنشيط أو تثبيط المادة الوراثية يتم بتحرر أو اتحاد الهستون مع المادة الوراثية و يتم ذلك تحت تأثير توازن هرموني معين و أن التوازن الهرموني يقع تحت تأثير توازن بيئي معين·

ب – تنشط الهرمونات أو تثبط خطوة الترجمة بالتأثير على وظيفة m RNA .

ج – عن طريق تنشيط تمثيل tRNA .

د – التأثير على نظام Relay System و فيه يفترض أن الهرمون يؤثر على Development Major Pathways أي يؤثر في مرحلة رئيسية من مراحل التكشف ثم تعمل تلك المرحلة كمحرك للمرحلة التالية أي نظام Relay أو أن الهرمونات تقوم بدور الإشارات أو الذبذبات في نظامRelay System.

هـ – التأثير في عملية النسج Transcription و تبعاً لهذا الفرض قسمت الهرمونات الى هرمونات إيجابية التأثير Positive مثل GA، IAA ، K . وأخرى سالبة التأثير أو مثبطة Negative على العمليات المختلفة كما يلي:

ABA	IAA	Gibberellins	Cytokinius	
-	-	-	+	Fall of leaves and fruit
-	-	.	+	Dormancy of buds
+	+	.	-	Germination
+	+	+	-	Cell elongation
+	+	+	-	Cell division
.	+	+	-	Flower formation LDP
.	.	-	+	Flower formation SDP
-	-	-	+	Seves cence
+	+	+	-	Transcription

- = Inhibition ، + = Stimulation ، . = no effect

وقبل أن نفرض التفسيرات التي توضح كيفية تأثير الهرمونات في تنشيط الجين. يجب إلقاء الضوء عن حالات الجين المختلفة من حيث التنشيط والتثبيط وهي كالتالي:

أ- Active genes (a) و هو الجين النشط قبل تنشيطه و يظل كذلك بعد عملية التنشيط .

ب- Inactive gene (ina) و هو الجين الغير نشط قبل تنشيطه و غير نشط بعد التنشيط .

ج- (Potentially active gene) (p.a) و هو الجين النشط قبل التأثير عليه وغير نشط بعد المعاملة الهرمونية.

ولتفسير دور الهرمونات فى تنشيط الجينات هناك عدة افتراضات سوف نوجزها فى الآتي:

الفرض الأول: تقوم الهرمونات ذات التأثير الإيجابي مثل الأوكسينات والجبرلينات والسيتوكينينات بتنشيط والجينات القابلة للتنشيط مثل p.a ,a p ina : p.a ,a p ina فى حين تثبط الهرمونات السالبة مثل حمض الأبسيسك كل الجينات القابلة للتثبيط مثل p.a,p.ine .

الفرض الثاني: فى هذا الفرض يقترح بناء على نموذج جاكوب وموند أن Regulator gene ينشط أو يثبط جين واحد فقط وذلك بإفراز الكابح كما سبق ذكره.وأن الهرمونات أو المستوي الهرمونى يقوم بدور Effects فى تأثيره على تغير طبيعة الكابح وبذلك يطلق قدرة الجين فى التغير عن نفسها فى صورة RNA.

الفرض الثالث: فى هذا الفرض يقترح أن الهرمونات لا تقوم مباشرة بتنشيط الجين بل هى تؤثر فى سير تفاعلات معينة أثناء عمليات التمثيل وأن إحدى أو بعض نواتج تلك التفاعلات هى التى تقوم بالتنشيط والتثبيط للجين.

الفرض الرابع: هى نظرية أطلق عليها حديثاً Second messenger تفترض هذه النظرية أن تأثيرات الهرمون لا يكون مباشراً لذلك أفترض أن الهرمون هو رسول أول فى التأثير على الظواهر الفسيولوجية وهو يعمل على حث أو تكوين رسول ثاني وهو المسئول عن إظهار تأثيرات الهرمونات . وقد اقترح Zenk ١٩٧٠ أن الرسول الثاني هو (CAMP) Cyclic Adenosine monophosphate وهو الذي يؤثر على العمليات المختلفة مثل:

فالهرمون ينشط إنزيم Triphasphate Adenosine والذي يقوم بتحويل (ATP) إلى cAMP ثم يقوم الأخير بالتأثير فى عديد من الأنزيمات مثل تنشيطه لأنزيم Kinase والذي له دور فى فسفرة عديد من المواد من أهمها البر وتينات الهستونية فيؤدى ذلك إلى إيقاف تثبيطها لـ DNA وبالتالي تسمح له بعملية النسخ وعليه فالهرمون هنا ينشط الجين من خلال الرسول الثاني بطريقة غير مباشرة.

أما مستوى cAMP الداخلى فيمكن تنظيمه بواسطة تنشيط Adenylcyclase والذي يعمل على بناءه بواسطة تنشيط إنزيم Phosphodiesterase والذي يعمل على هدم رابطة الأستر الفسفورية فى جزيئه فيتحول إلى مركب غير نشط هو monophosphate Adenosine وكمثل على تنشيط cAMP فى النباتات الراقية ما نجدة من تنشيط GA لتكوين انزيم الاميليز فى طبقة الاليرون فى بذور النجيليات.

هناك ايضا اعتقاد أن الاثيلين يقوم بدور Second messenger حيث أنه يتكون في كل الخلايا بتركيزات مختلفة ويبدأ تكوينه من الحمض الأميني المثيونين وميكانيكية هدمه ليست ضرورية حيث انه غاز يتصاعد إلي الفضاء الخارجي Atmosphere وهناك كثيرا من الدلائل على أن IAA هو المحفز لانتاج الاثيلين مما يؤكد هذا الاعتقاد أن الهرمونات أو مستوى معين من الهرمونات تؤثر في إنتاج الاثيلين ويقوم هو بدور الرسول الثاني في التأثير على نشاط الجينات بالسلب أو بالإيجاب.

ثانيا : التنظيم بتأثير العوامل الخارجية Regulation by external :

١- درجة الحرارة Temperature:

تتميز التفاعلات الحيوية بان لها درجات حرارة خاصة تؤثر على سرعتها · ولكن تفاعل حيوي معامل حراري خاص (Q 10) (و المعامل الحراري هو مقدار الزيادة في سرعة التفاعل الحيوي عند درجة حرارة ١٠ مئوية عند درجة الصفر المئوي) ·

وعموما فدرجة الحرارة المثلى لمعظم النباتات تتراوح بين ٢٤°م – أو ٣٢°م وتكون درجات الحرارة اقل او أكثر من ذلك ضارة بسير التفاعلات الحيوية ويختلف مقدار الضرر باختلاف النبات · ونظرا لأن لكل تفاعل حيوي معامل حراري خاص به لذلك نجد أن التغير في درجات الحرارة بالزيادة أو بالنقصان سوف يصبح مفضل لتفاعل حيوي عن آخر وبذلك تصبح درجة الحرارة عامل منظم لسير التفاعلات الحيوية وعمليات التمثيل الغذائي وعمليات التكشف ، وعليه نجد أن لكل طور من طوار النمو درجة مثلى من درجات الحرارة تختلف عن الأطوار الأخرى · والأمثلة على دور درجة الحرارة في التأثير على عمليات التكشف عديدة سنورد منها على سبيل المثال لا الحصر فقد وجد Caso & Kefford ١٩٧٢ عند دراسة على نبات *Chondrilla juncea* أن زراعة الجذور *In vitro* لتكوين النموات الخضرية العرضية عليها Adventitious shoot كان افضل عند درجة حرارة ٢١ – ٢٧°م نهاراً ، ١٦ – ٢٢°م ليلا افضل من تعرضها لدرجة واحدة مستمرة هي ٢٥°م · كما وجد Gautberet 1969 أن درجة حرارة ٢٦ نهارا ، ١٥ ليلا افضل في تجدير قطاعات فن درنات الطرطوفة افضل من ٢٥°م مستمرة أشار الى أن درجة الحرارة العالية نهارا تشجع على تخليق الكامبيوم في حين تشجع درجات الحرارة المنخفضة ليلا على تكشف الكامبيوم إلى مبادئ خروج الجذور·

٢- الضوء Light :

يجب النظر إلي الاحتياجات الضوئية للنباتات ليست لاتمام عملية البناء الكربوهيدراتي و البناء الضوئي فحسب بل أن للضوء دور هام في عمليات التكشف ويعمل الضوء بميكانيكيات أخري غير ميكانيكية التمثيل الضوئي في كثير من عمليات التميز والتكشف في النبات مما أطلق علية اسم Photomorphogenesis وفي دراسة زراعة الأنسجة وجد Naylos & Nobel ١٩٨٦ أن أقصى تخليق للجذور علي قطاعات من درنات الطرطوفة يكون عند تعريضها لكثافة ضوئية قدرها ٥٠٠٠ Lux باستعمال ضوء لمدة ١٢ ساعة في حين وجد Margara ١٩٦٩ أن الحد الأقصى لتخليق الجذور علي Explant من نبات القرنبيط كان ٤٠٠Lux فقط ولمدة ٩ ساعات كما وجد Allewelct & Radlar 1961 أن نشأه الجذور العرضية لا تتكون علي شرائح سيقان نبات قصير النهار لاحدي أصناف العنب إلا إذا عرضت لظروف النهار القصير فقط.

كذلك نعلم أن هناك عدد من البذور يشجع الضوء من إنباتها مثل الخس *Lactuca sativa* كما وجد أن الضوء الأحمر يشجع علي الإنبات في حين الأشعة فوق الحمراء تثبط ذلك الإنبات وبالمثل هناك تأثيرات مشابهة للضوء علي عمليات التكشف الأخرى مثل عملية الإزهار.

وتحتوي خلايا النباتات الراقية علي نظام صبغي يعرف بالفيتوكروم يمتص الضوء الأحمر ويتحول إلى صورة أخري قادرة علي امتصاص الفوق أحمرثم تتحول الصورة الأخيرة إلى الصورة الأولى عند امتصاصها للضوء فوق الأحمر Far red هذا النظام الصبغي يرتبط بالبروتين ولذلك أطلق علية اسم Chromoprotein ويتركب من سلسلة من حلقات البيرول التي ترتبط فيما بينها بذرة كربون.

الفيتوكروم و تنشيط الجين :

مازال دور الضوء غير معروف في تنشيط الجين مباشرا أو بطريقة غير مباشرة مثل تأثيره على إحدى عمليات التمثيل والتي تقوم بدورها في تنشيط الجين كما أو يقوم بالتأثير على عدد من Effectors الخاصة بالتأثير على الكابح الذي يفرزه Regulator gene لمنع عمل Operator gene أو انه تحت تأثير توازن بيئي معين (حرارة – ضوء) ثم التأثير في آليات الهرمونات فتكون توازن هرموني معين يؤثر على نشاط الجين ما زالت الأبحاث لها باقية ٠

مراجع مختارة :

1- Black, M. (1969): Light controlled germination of seeds. Symp. Soc. Exp. Biol. 23: 193- 217.

2- Borthwick, H.A. (1972): History of phytochrome. In K. Mitrakos and W. Shropshire, Jr., eds., Phytochrome. New York: Academic Press.

3- DeGreef, J.,Ed. (1980): Photoreceptors and Plant Development. Antwerpe : Antwerpen Univ. Press.

4- Feldman, J.F. (1980): Genetic approaches to circadian clock. Ann. Rev. Plant. Physiol. 33: 583- 608.

5- Holmes, M.G. and Smith, H.(1975): The function of phytochrome in plants growing in the natural environment. IV. Light quality and plant development. Photochem. Photobiol. 25: 551- 557.

6- Pratt, L.H. (1982): Phytochrome : the protein mmoiety. Ann. Rev. Plant Physiol. 33:557-582.

ثانيا: منظمات النمو

(الهرمونات الطبيعية فى النبات)

Plant Growth Bioregulators

مقدمة :

لقد وجد أن معظم العمليات الفسيولوجية النشطة وكذا مراحل النمو المختلفة فى النبات تتحكم فيها تفاعل مواد كيميائية طبيعية منها النشط وكذا المثبط وتسمى هذه المواد الكيميائية بالهرمونات ولكى تميزها من الهرمونات الحيوانية سميت بالهرمونات النباتية ولقد عرفت بأنها مواد كيميائية طبيعية تخلقها النباتات للتحكم فى نموها وكذا العمليات الفسيولوجية المؤدية له ويتم هذا فى مناطق التخليق وأيضا فى المناطق التى تنتقل اليها وهذه المواد تكون مؤثرة حتى فى التركيزات الضعيفة منها ٠

ولقد أطلق على الهرمونات النباتية أسماء عديدة تبعا للعلماء فمنهم من أطلق عليها لمنظمات النمو أو منشطات النمو او منظمات النمو الحيوية ········ الخ ٠

ولقد كانت الأوكسينات هى أول الهرمونات اكتشافا ثم اكتشفت الهرمونات النباتية الأخرى ٠

قسم العلماء الهرمونات النباتية أو منظمات النمو الى مجموعتين رئيسيتين الاولى يطلق عليها منشطات النمو والأخرى يطلق عليها مثبطات النمو ٠ وتتضمن المنشطات ثلاث مجموعات رئيسية:

١ ـ الأوكسينات ٢ ـ الجبريللينات

٣ ـ السيتوكينينات، أما المثبطات تتضمن حمض الأبسيسك والأيثيلين······ الخ٠

ـ منشطات النمو Growth Stimulators :

ولا ـ الأوكسينات Auxins

ـ إكتشاف الاوكسينات :

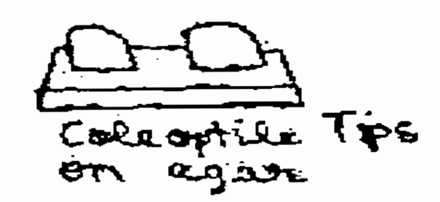
لقد تم إكتشاف الأوكسينات فى النصف الأخير من القرن التاسع عشرعند دراسة Charles-Darwin كظاهرة الانحناء فى النباتات · فعندما عرض الأغلفة الورقية للنجيليات الى مصدر ضوئى وجد أنها تنتحى تجاه الضوء وعندما غطى القمة النامية لهذه الأغلفة بورق معدنى أو قطع هذه القمة وعرضها لمصدر ضوئى وجد أنها لاتنتحى بدورها تجاه الضوء · ولقد اتضح من تجربته أنه يوجد منشط ما فى القمة ينتقل من أعلى الى أسفل ويؤدى الى انحناء هذه الأغلفة الورقية ·

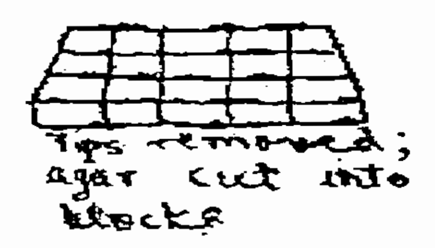
فى سنة ١٩١٩ قام Boysen Jensen بقطع قمة الأغلفة الورقية وحصر قطعة من الجيلاتين بين القمة المقطوعة والغلاف الورقى فوجد أن الأغلفة الورقية تنتحى بدورها تجاه الضوء · الا أنه لم يذكر تفسير واضح لهذه العملية إلا أنه أضاف الى هذا المنشط المكتشف بـــ Charles هو الذى يتحكم فى النمو ·

فى عام ١٩١٩ وضع Paal تفسير لهذه العملية السابقة بأنه وجد أن القمة تفرز مادة ماتنشط النمو فى الجزء السفلى منها · ولذا وجد أنه اذا عرض قمة الأغلفة الورقية الى مصادر ضوئية واحدة من جميع الاتجاهات فإن نموها يصبح منتظما على عكس ماأذا تعرضت الأغلفة الورقية الى مصدر ضوئى من جانب واحد فإن نموها يصبح غير منتظما وهذا يرجع الى التوزيع الغير منتظم لهذه المادة · ولقد وجد أن تركيز هذه المادة فى الجانب المظلم أعلى من الجانب المضئ وهذا السبب فى زيادة نمو هذا الجانب وبالتالى الى انتحاء الأغلفة الورقية ·

فى عام ١٩٢٦ وعام ١٩٢٨ تمكن Went من عزل هذه المادة من الأغلفة الورقية لنبات الزمير · ثم قام بقطع عدد من القمم النامية لنبات الزمير ووضعها على طبقة من الآجار وتركها فترة من الزمن ثم قام بقطعها الى مكعبات ثم وضع كل مكعب على الجزئ من الأغلفة فوجد أنها تستجيب ناحية الضوء وتنتحى حتى فى الظلام · ثم وضع هذا العالم هذه الطريقة السابقة لتعيين هذا المنشط ثم سمى هذه الطريقة الحيوية لتعيين الاوكسينات بطريقة انحناء الأغلفة الورقية للزمير· ثم أضاف أيضا أن انحناء الأغلفة الورقية يتناسب تناسبا طرديا وذلك خلال حدود أخطاء احصائية مع عدد الأغلفة الورقية المستخدمة وكذا مع الوقت التى تستغرقه هذه القمم المقطوعة على مكعبات الآجار ووجد أيضا أن الانحناء يتناسب تناسبا طرديا مع تركيز الاوكسينات الموجودة فى مكعبات الأجار·

في عام ١٩٣٥ تمكن Thiman من عزل موا'د مختلفة سميت Heteroauxin واتضح أنها تشبه الى حد كبير التركيب الكيميائى لاندول حمض الخليك Indole acetic acid.





Agar block placd
on one side
and bending
occurs (no light)

Indole-3-acetic acid CH_2COOH N H

- Auxin metabolism:

تشمل عمليات أيض الأوكسينات مايلى:

أ - تخليق Synthesis ب - هدم Destruction جـ - إرتباط Conjugation

أ- تخليق الأوكسينات :-

يتم فى معظم الأنسجة النباتية عملية تخليق الأوكسينات وفقا للمسارات التالية حيث يعتبر الحامض الأمينى Tryptophan كمصدر أساسى فى عملية التخليق ، حيث أما أن يتحول أولا الى Indole pyruvic acid ثم الى Indole-3-acetaldehyde أو يتكون أولا Tryptamine وبدورة يتحول الى Indole-3-acetaldehyde الذى أخيرا يتأكسد لينتج IAA .

CH_2CHNH_2 COOH
(Tryptophan)
$+NH_3$ $+O$
$-CO_2$
CH_2CCOOH O
(Indole-3-pyruvic acid)
$CH_2CH_2NH_2$
Tryptamine
$-CO_2$
(Decarboxylation)
$-NH_3$ $+O$
(oxidative deamination)
CH_2CHO
(Indole-3-acetaldehyde)
+ O
CH_2COOH
(Indole-3-acetic acid)

(الشكل١٩) يوضح تخليق اندول حمض الخليك فى الأنسجة النباتية .

ب – هدم الاوكسينات :

ليست عملية بناء الأوكسين فقط هى التى تتحكم فى كمية الأوكسين فى الانسجة الحية ، لكن وجد أن هناك عمليات تتم فى الخلايا للتحكم فى كمية الأوكسين ومنها :

١– الأكسدة الضوئية Photo-oxidation :

اذا ترك الأوكسين IAA معرضا للضوء فى أى محلول فإنه يتفكك الى مواد غير نشطة ، وجد أن هذه العملية تزداد وتنشط بمساعدة بعض الأصباغ وتم استخلاص هذه الأصباغ من النباتات ومنها riboflavin, violaxanthin وجد أن لها القدرة على امتصاص أطياف الضوء وخاصة الطيف الأزرق ، نواتج الأكسدة الضوئية هما:

Indole aldehyde

3-methylene-2-oxindole

هذا المركب وجد أنه يثبط النمو، لذلك يعتقد أن هذا هو سبب تثبيط الضوء للنمو فى بعض الأنسجة النباتية.

٢– أكسدة إنزيمية : Enzymic oxidation of IAA

تم استخلاص انزيمين Peroxidase , IAA-oxidase ووجد أنهما يحتاجان الى Mn, H_2O_2, Oxygen لكى يتم فعلها على IAA ، كذلك فإن نشاط IAA-oxidase يزداد بواسطة monophenols يقل فى حدود Ortho-diphenols .

وقد وجد أيضا أنه يتم تحويل IAA فى حدود هذه الانزيمات الى نفس المركبات السابقة ولوحظ أن نشاط هذه الانزيمات يزداد مع زيادة عمر الأنسجة ، حيث لوحظ أن

هناك علاقة عكسية بين تركيز هذه الانزيمات ومعدل النمو فى عديد من الأعضاء النباتية ، بمعنى أنه كلما ازدادت هذه الانزيمات فى نسيج ما أدى الى خفض معدل النمو.

جـ - عمليات أخرى تؤدى الى خفض نشاط الأوكسين: Conjugation

لوحظ أيضا أن هناك بعض المركبات يرتبط بها الأوكسين ولكن يكون فى هذه الحالة غير منشطا للنمو من أمثلة ذلك:

١- مع Ethyl ether $\xleftarrow{IAA}$ Indole ethyl acetate

٢- مع aspartic acid $\xleftarrow{IAA}$ Indole ethyl asp. acid

٣- يرتبط الأوكسين مع عديد من السكريات مكونا المركبات الآتية :

IAA-arabinose, IAA-glucose, IAA-myoinositol

٤- وجد أيضا أن تتكون مركبات من تفاعل الأوكسين مع البروتين.

بعض الوظائف الفسيولوجية للأوكسينات:

١- فى عمليات الانقسام الخلوى تزداد هذه العملية اذا وجد كميات من الأوكسين فى الوسط.

٢- فى عمليات استطالة واتساع الخلايا ، وخاصة وجد هذا التأثير واضحا فى الأغلفة الورقية للنجيليات ، حيث وجد أن معدل الزيادة فى الطول واتساع الخلايا يزداد مع زيادة تركيز IAA.

٣- دور الاكسين فى الانتحاء الضوئى الموجب للأغلفة الورقية Phototropism تفسر هذه العملية - الانتحاء الضوئى الموجب - بأنه عند تعريض هذه الأجزاء النباتية لمصدر ضوئى جانبى فإن ذلك يؤدى الى أكسدة ضوئية

وتكسير للأوكسين IAA وتحويله كما سبق الى نواتج غير نشيطة فى عمليات النمو ، ولكن الجانب الغير معرض للضوء لايزال يحتوى على قدر كبير من IAA النشط فى عمليات النمو ، لذلك يزداد معدل النمو فى هذا الجانب عن الجانب المضاء ، ممايؤدى الى حدوث الانحناء ناحية الضوء.

٤- تؤثر الأوكسينات فى عملية الانتحاء الأرضى الموجب للجذر Geotropism.

٥- تعمل الأوكسينات على زيادة معدل امتصاص الماء Water uptake.

٦- تؤدى الأوكسينات الى زيادة معدل التنفس .

٧- تؤثر الأوكسينات أيضا فى عملية تخليق البروتين ، الأحماض الميوكليوبيدية.

٨- تعمل على توجيه حركة المواد الغذائية ، حيث وجد أن المناطق المحتوية على تركيزات عالية من الأوكسين IAA مها القدرة على تجميع المواد الغذائية فيها.

٩- للأوكسين دور فى ظاهرة السيادة القمية Apical dominance. حيث وجد فى بعض النباتات حدوث نمو للبرعم الطرفى ، تثبيط نمو البراعم الجانبية ، وعند قطع البرعم الطرفى . ظهر النمو للبراعم الجانبية ولكن عند إضافة IAA الى القمة المقطوعة استمرت عملية التثبيط فى نمو البراعم الجانبية . ولكن أمكن التغلب على ذلك بستخدام CK السيتوكينين ، أو الجبريللين فسر ذلك على أن IAA عند انتقاله من البرعم الطرفى لأسفل ، فانه يؤدى الى إعاقة تكوين الأنسجة التوصيلية بين البراعم الجنبية والاسطوانة الوعائية ممايؤدى الى منع وصول المواد الغذائية اليها واللازمة فى النمو .

١٠- دور الأوكسين فى عملية Parthenocarpy : حيث لوحظ فى بعض الأجناس النباتية أنه فى بعض الأزهار يمكن للمبيض أن يعطى ثمرة بدون عملية تلقيح ، لكن هذه الثمار تكون لابذرية ، وجد أن السبب فى ذلك هو

احتواء هذه الأزهار على كميات عالية من IAA ، عند استخدام 2,4-D أو IAA ورشها على الأزهار أدى ذلك بالفعل الى تكوين ثمار لابذرية ، اتضح ذلك فى حالة العنب البناتى والبرتقال.

- **عملية انتقال الاوكسين IAA فى النبات:**

يتم انتقال الاوكسين دائما فى اتجاه قاعدى Polar Basipctol فى الساق ، لكن الى الجذر فإن الانتقال يكون Acropetal "قمى"

خصائص هذه العملية :

١- ينتقل IAA دائما من المناطق المحتوية على تركيز عال الى الأقل تركيزا.

٢- تعتمد هذه العملية على الطاقة الناتجة من عمليات الهدم .

٣- أن هذه العملية ليست عملية انتشار بسيطة.

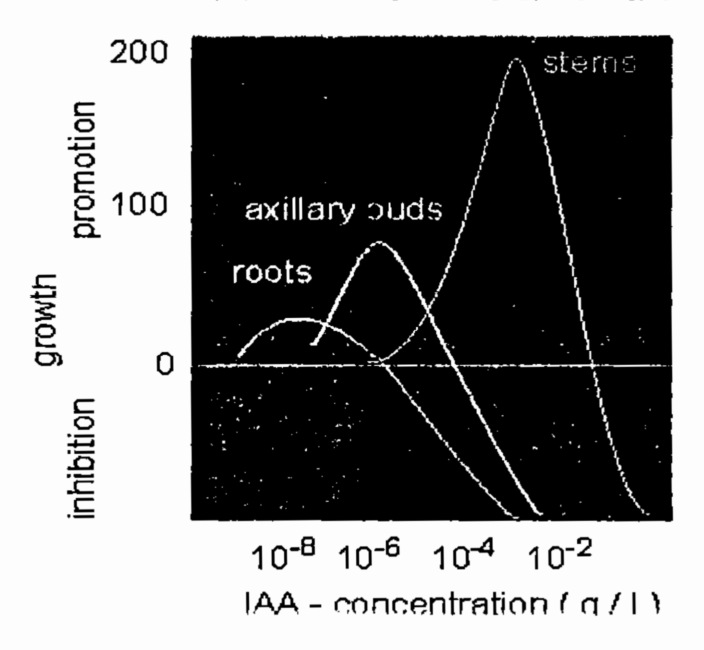
٤- تعتمد هذه العملية كذلك على تركيز الأكسجين فى الأنسجة ، حيث لوحظ أنها تزداد بزيادة نسبته ، تقل أو تكاد تختفى بقلة تركيز الاوكسجين.

٥- تقل هذه العملية بزيادة عمر النبات أو عمر الانسجة النباتية.

أماكن تخليق الاوكسين IAA :

تستطيع القمة النامية للساق أو الثمار، الأوراق الحديثة النشأة، كذلك فى بعض الأجناس النباتية ، القمة النامية للجذر تقوم بعملية تخليق الأوكسين.


العلاقة بين تركيز الأوكسين ومعدل نمو الأعضاء النباتية المختلفة ·



(الشكل٢٠) يوضح العلاقة بين تركيز الأوكسين ومعدل نمو الأعضاء النباتية المختلفة·

يلاحظ من هذا الشكل أن احتياج الجذر للأوكسين فى عمليات النمو تكون عند أقل التركيزات ، عند زيادة IAA عن هذه القيمة يؤدى الى تثبيط النمو·

يحتاج البرعم الى تركيزات أعلى من القيمة المطلوبة لنمو الجذر ولكن الساق يحتاج الى كميات عالية جدا من الأوكسين فى النمو ، لكن أيضا إذا زادت كمية IAA تؤدى الى عملية تثبيط النمو·

مراجع مختارة :

1- Aldesuquy, H. S. (2000) : Effect of indol-3-yl acetic acid or photosynthetic characteristics of wheat flag leaf during grair filling. Photosynthetica. 38 (1):135-141.

2- Aloni, R. (2001) : Foliar and axial aspects of vascula differentiation : Hypotheses and evidence . J. Plant Growth Regul. 20:22-34 .

3- Chen, J. G., Ullah, H., Young, J. C., Sssman, M. R. and Jones, A. M. (2001) : ABP1 is required for organized cell elongation and division in *Arabidopsis* embryogenesis Genes Dev. 15:902-911 .

4- Fasano, J. M.; Swanson, S. J.; Blancaflor, E. B.; Dowd, P. E.; Kao, T. H. and Gilroy, S. (2001) : Changes in root cap pH are required for the gravity response of the *Arabidopsis* root . Plant Cell . 13:907-921 .

5- Friml, J.; Wlšniewska, J.; Benková, E.; Mendgen, K. and Palme, K. (2002) : Lateral relocation of auxin efflux regulator PIN3 mediates tropism in *Arabidopsis* . Nature 415:806-809 .

6- Fujihira, K.; Kurata, T.; Watahiki, M. K.; Karahara, I. and Yamamoto, K. T. (2000) : An agravitropic mutant of Arabidopsis , endodermal-amyloplast less 1, that lacks amyloplasts in hypocotyls endodermal cell layer . Plant Cell Physiol. 41:1193-1199 .

7- Geldner, N.; Friml, J.; Stierhof, Y. D.; Jurgens, G. and Palme, K. (2001) : Auxin transport inhibitors block PIN1 cycling and vesicle trafficking . Nature 413:425-428 .

8- Gray, W. M.; Kepinski, S.; Rouse, D.; Leyser, O. and Estelle, M. (2001) : Auxin regulates the SCFTIR1-depencent degradation of AUX/IAA proteins . Nature 414:271-276 .

9- Kim, Y.-S.; Min, J.-K.; Kim, D. and Jung, J. (2001) : A soluble auxin-binding protein, ABP57. J. Biol. Chem. 276:10730-10736 .

10- Kuhlemeier, C., and Reinhardt, D. (2001) : Auxin and Phyllotaxis . Trends in Plant Science . 6:187-189 .

11- Ljung, K., Bhalerao, R. P. and Sandberg, G. (2001) : Sites and homeostatic control of auxin biosynthesis in Arabidopsis during vegetative growth . Plant J. 29:325-332 .

12- Murphy, A. S.; Peer W. A. and Taiz, L. (2000) : Regulation of auxin transport by aminopeptidases and endogenous flavonoids. Planta 211:315-324 .

13- Steffens, B.; Feckler, C.; Palme, K.; Chritian, M.; Bottger, M. and Luthen, H. (2001) : The auxin signal for protoplast swelling is perceived by extracellular ABP1 . Plant J. 27:1-10 .

14- Yoder, T. L.; Zheng, H.-Q.; Todd, P. and Staehelin, L. A. (2001) : Amyloplast sedimentation dynamics in maize collumella cells support a new model for the gravity-sensing apparatus of roots . Plant Physiol. 125:1045-1060 .

15- Zenser, N.; Ellsmore, A.; Leasure, C. and Callis, J. (2001) : Auxin modulates the degradation rate of Aux/IAA proteins . Proc. Natl. Acad. Sci. USA 98:11795-11800 .

16- Zheng, H. Q. and Staehelin, L. A. (2001) : Nodal endoplasmic reticulum, a specialized form of endoplasmic reticulum found in grvity-sensing root tip columella cells . Plant Physiol.125:252-265 .

ثانيا : الجبريللينات

Gibberellins

لاحظ العالم اليابانى Kurosawa فى سنة ١٩٢٦ أن نباتات الأرز المصابة بفطر *Gibberelia Fujikuro* تتميز فى نمو الساق طوليا عن النباتات الغير مصابه بدرجة ملحوظة إستنتج هذا العالم أنه لابد وأن هناك مادة منشطة للنمو يفرزها هذا الفطر ، حيث وجد أن المستخلص الفطرى كان قادراً على احداث نفس درجة تنشيط النمو فى الساق فى نباتات غير مصابة. عرفت هذه المادة المنشطة بعد عزلها بالجبريللين.

وبدراسة النشاط البيولوجى لهذه المادة الجديدة وجد أنها تؤثر فى كثير من عمليات النمو بالاضافة الى أثرها فى نمو الساق طولياً. ظلت نتائج هذه البحوث محجوبة عن أوروبا الغربية حتى بعد الحرب العالمية الثانية . تم التوصل بعد ذلك فى عام ١٩٥٧م الى وجود هذه الهرمونات فى النباتات الراقية بواسطة Phinney *et al.* بذلك أصبح واضحا أن هناك مجموعة ثانية من هرمونات النمو التى من الممكن أن يكون لها دوراً هاما فى عمليات النمو والتطور.

هناك طريقتان لتمييز أى مركب حيوى ، أولا : التركيب الكيميائى ، ثانيا: الوظيفة الفسيولوجية . أوضح Cross *et al.* فى سنة ١٩٦١ أن جميع الجبريللينات تتميز بهيكل عام يعرف Gibbane ring ، لابد أن تنتج هذه المركبات تأثيرات فسيولوجية مثل حمض الجبرلليك Gibberellic acid (GA_3) بمعنى أن لها فحص حيوى (bio-assay) مخصص لها. وهناك طريقتان للفحص الحيوى للجبريللينات:

(١) إستطالة السيقان المتقزمة .

(٢) تنشيط α-amylase فى اندوسيرم الشعير.

ولقد استخدم العديد من النباتات المختلفة فى الفحص الحيوى لدراسة تأثير GA_3 على استطالة الساق ، لكن الشائع فسيولوجيا استخدام الذرة القزمية ، البسلة القزمية .

ويشمل هذا الفحص الحيوى(١) عدة خطوات منها (Hayashi & Rappaport سنة ١٩٦٦):

أ – تجهز بذور البسلة أو الذرة القزمية ثم تنقع لمدة ٦–٨ ساعات فى الماء ، بعد ذلك تنبت فى الظلام ·

ب – بعد ٤ أيام تعرض البادرات لضوء أحمر ·

جـ – فى اليوم الخامس تضاف المادة الهرمونية المذابة فى ٥ ر٠% كحول ايثيلى (10 ml) الى قمة كل نبات :

د – بعد ٥ أيام أخرى يقاس طول السويقة الفوق فلقية ثم تقارن أطوال النباتات المعاملة بالنباتات المستخدمة Control والمستعمل فيها كحول فقط · كلما إزدادت درجة التأثير على نمو الساق دل ذلك على أن هذه المادة لها نشاط مثل الجبريللين ·

A B C D

Gibbane skeleton

O Co HO OH CH_3 CO_2H CH_2

GA_1

HO CH_3 CO_2H CH_2

GA_3

وتتميز الجبريللينات بوجود Gibbane skeleton في معظمها ويتصل فيها حلقة لاكتون Lactone ring بالحلقة A ، مجموعة كربوكسيل Carboxyl group بالحلقة B ولكن الاختلاف فيما بين هذه المركبات فقط فى وجود أو غياب مجموعة هيدروكسيل ورابطة ثنائية فى الحلقة A أو مجموعة هيدروكسيل فى موضع اتصال الحلقتين C, D .

وجد أن بعض هذه المركبات لها خصائص حامضية ، بعضها الآخر متعادل حيث تكون فى هذه الحالة مركبات استر ·

ومعظم هذه المركبات تكون فعالة فى واحد أو أكثر من الفحوصات الحيوية bio-assays ولكن هناك اختلاف فى أنشطتها الفسيولوجية ·

توزيع وتخليق الجبريللينات فى النباتات :

- أثبتت البحوث العلمية فى هذا المجال أن هذه المركبات الهرمونية توجد فى أغلب النباتات الزهرية واللازهرية حيث تم تعيين هذه المركبات بالاضافة الى النباتات الراقية · فلقد وجدت فى السراخس ، الحزازيات ، الطحالب ، فى بعض أنواع الفطريات والبكتريا · ويوجد فى النبات الواحد العديد من هذه المركبات بعكس الأوكسينات والسيتوكينيتات التى يوجد منها مركب واحد فقط يسود فى كل النباتات ·
- وتوجد هذه المركبات على أكثر من حالة فى داخل النبات كمثال لذلك هناك ثلاث صور:

١- مركبات حرة

٢- أسترات

٣- مركبات مرتبطة بالبروتين ويتم تحرير الجبريللين منها بفعل الانزيمات المحللة للبروتين.

- تتوزع هذه المركبات فى النبات فى جميع الأعضاء ، لكن أغنى هذه الأعضاء هى البذور وكذلك فإن الأوراق الحديثة النشأة تكون أغنى من الأوراق الناضجة والسيقان الناضجة.

كما أثبتت التجارب أيضا وجود هذه المركبات فى جذور النباتات الراقية ممايدل على أنها تصنع كذلك فى الجذر وتنتقل خلال الأوعية الخشبية الى المجموع الخضرى. وقد إتضح أن هذه المركبات تتركز بصفة أساسية فى المناطق النامية فى النبات وهذا يؤيد دورها فى تنظيم عمليات النمو والتطور فى النبات.

- تم التوصل الى أن أهم مراكز تخليق هذه المركبات هى قمم الساق والجذر ، كذلك فى الأوراق الحديثة التكوين وفى أجنة واندوسبيرم البذور النامية.

- وجد أن هذه المركبات تنتقل فى النبات فى الخشب واللحاء ، فعند اضافتها الى الفلقتين لنبات الفول وجد أنتقلها الى الجذر وكذلك الساق وهذا مما يؤكد اختلاف انتقالها عن الأوكسينات والتى تنتقل من القمة الى القاعدة أى Basipetally ، بالتالى فإن حركة هذه المركبات حول النبات تتشابه تماماً مع بعض النواتج الأيضية العضوية مثل الكربوايدراتية والأحماض الأمينية.

تأثيرات الجبرللين الفسيولوجية :

١ - كسر سكون البذرة الفسيولوجي دون الحاجة للتنضيد لتعوضه الاحتياجات الضوئية مما يزيد من نسبة الإنبات وانتظامه واختصار مدته.

٢- تخفيض مدة الارتباع أو تعويضها تماما.

٣- تنشيط نمو البراعم الساكنة ويستفيد من ذلك فى كسر سكون براعم درنات البطاطس حديثة النضج ·

٤- تنشيط انقسام واستطالة الخلايا مما يزيد من النمو الخضري خاصا النمو الطولي ولكن لمدة قصيرة يعقبها بطيء النمو ويستفاد منه فى الحصول على قفزة سريعة فى نمو حاصلات الخضر الورقية والعلف ونباتات الزينة المرباة فى أصص ·

٥- تزهر نباتات النهار الطويل المعاملة به تحت ظروف النهار القصير أي انه عوض تأثير النهار الطويل فقط ·

٦- تسرع المعاملة به من تقصير فترة الطفولة كما فى الخرشوف والموز ·

٧- يساعد على تكوين ثمار بكرية كما فى الخوخ والمشمش والكمثرى والتفاح ·

٨- يضاعف من حجم حبات العنب ويزيد طول حامل الحبات ·

٩- يؤخر من اكتمال نمو ونضج الثمار وحدوث الشيخوخة مما يسمح بفترة تسويق طويلة فى المشمش والبرقوق والموز ·

مراجع مختارة :

1- Aldesuquy, H. S. (1995): Hormones induced modifications in the responses of wheat flag leaf to Nacl . Biol. Plant., 37(4): 605-611.

2- Aldesuquy, H. S. (1998): Effect of seawater salinity and gibberellic acid on abscisic acid, amino acids and water – use efficiency by wheat plants. Agrochimica. 42: 147-157.

3- Aldesuquy, H. S. (1998): Effect of gibberellic acid, indole-3-acetic acid, abscisic acid and seawater on growth characteristics and chemical composition of wheat seedlings. Egypt J. Physiol. Sci., 22 (3): 451-466.

4- Aldesuquy, H. S . and Baka, Z. A. M. (1998): Interactive effect of seawater and plant hormones on the pigment content and chloroplast ultrastructure of wheat flag leaf . 6th Conference of Egyptian Botanical Society, 24-26 Nov. 98. Vol. I: 51-64.

5- Carrera, E.; Bou, J.; Garcia-Martinez, J. L. and Part, S. (2000) : Changes in GA 20-oxidase gene expression strongly affect stem length, tuber induction and tuber yield of potato plants . Plant J. 22:247-256 .

6- Dill, A., and Sun, T. P. (2001) : Synergistic derepression of gibberellin signaling by removing RGA and GA_1 function in *Arabidopsis thaliana* . Genetics 159:778-785 .

7- Dill, A.; Hung, H. S. and Sun, T. P. (2001) : The DELIA motif is essential for gibberellin-induced degradation of RGA . Proc. Natl. Acad. Sci. USA 98:14162-14167.

8- Elliott, R. C.; Ross, J. J.; Smith, J. J. and Lester, D. R. (2001) : Feed-forward regulation of gibberellin deactivation in pea . J. Plant Growth Regul. 20:87-94.

9- Fabian, T.; Lorbiecke, R.; Umeda, M. and Sauter, M. (2000) : The cell cycle genes cycA1;1 and cdc2Os-3 are coordinately regulated by gibberellin in plant . Planta 211:376-383.

10- Hedden, P., and Phillips, A. L. (2000) : Gibberellin metabolism: New insights revealed by the genes . Trends Plant Sci. 5:523-530.



ثالثا : السيتوكينينات

Cytokinins

السيتوكينينات

- هذه المجموعة من الهرمونات هى مشتقات من الأدنين Adenine منها مركبات تخليقية مثل 6-benzylaminopurine, kinetin لكن المعروف أن Zeatin هو سيتوكينين يوجد فى حبوب الذرة ·

- هذه المركبات قليلة الانتقال – بطيئة فى النباتات اذا ماقورنت بالجبريللين ، الأوكسين وهناك أيضا بعض السيتوكينينات الطبيعية Zeatin وتصنع هذه المركبات الطبيعية فى جذور النباتات بصفة أساسية ·

Kinetin

(6-furfurylamino purine)

Adenine

(6-Amino purine)

Zeatin

(N 6-(Trans-6-hydroxymethyl- γ-methylalkyl)adinine)

* الوظائف الفسيولوجية للسيتوكينينات :

١. Cell division الانقسام الخلوى : أساسية جدا فى عمليات الانقسام الخلوى.

٢. Cell enlargment إتساع الخلايا : وجد أنها تسبب زيادة فى اتساع الخلايا أثناء نمو الأوراق النباتية .

٣. هذه المركبات مهمة فى Morphogenesis ' عملية التخليق الشكلى ' حيث تؤثر فى تكوين الساق Shoot formation ولابد أن هذه العملية تعتمد على نسبة الأوكسين الموجودة .

٤. تجميع المواد الغذائية الذائبة Accumulation of solutes وجد أن المناطق الموجود بها هذه المركبات لها القدرة على تجميع وتراكم المواد الذائبة فيها بنسبة أكبر من المناطق الخالية منها .

٥. منع الشيخوخة Prevention of senescence :

وجد أن هذه المركبات عند اضافتها الى الأوراق المقطوعة فانها تؤدى الى بطئ حدوث ظاهرة الشيخوخة وذلك لأنها :

أولا: تقلل تكوين أنزيمات Hydrolases ، منها nucleases ، المحللة للبروتين Proteaes .

ثانيا: لأنها تمنع حركة المواد الغذائية من هذه المناطق المعاملة بها .

٦. تكوين الانزيمات Enzyme formation :

تساعد هذه المركبات على تخليق بعض الانزيمات الهامة فى عملية البناء الضوئى .

٧- تدخل هذه المركبات فى RNA وخاصة tRNA ، لذلك يعتقد الكثير من العلماء أن هذه المركبات ضرورية نتيجة تكوينها لجزئ tRNA .

٨- السيتوكينين ، الكمون Dormancy لهذه المركبات القدرة على التغلب على ظاهرة الكمون فى البراعم والبذور .

مراجع مختارة :

1- Ainley, W. and Key, J.. (1993) : Regulatable endogenous production of cytokinins up to 'toxic' levels in transgenic plants and plant tissues. Plant Mol. Biol. 22:13–23.

2- Aldesuquy, H. S. and Ibrahim, A. H. (2001): Water relation, abscisic acid and yield of wheat plants in relation to the interactive effect of seawater and growth bioregulators. Agronomy & Crop Science, 187: 185-193.

3- Aldesuquy, H.S.; Haroun, S.A.: Abo-Hamed, S.A. and El-Said (2004): Ameliorating effect of kinetin on pigments, Photosynthetic characteristic, carbohydrate contents and productivity of cadmium treated *Sorghum bicolor* plants. Phyton, 43: 351-36.

4– Åstot, C.; Dolezal, K.; Nordström, A.; Wang, Q.; Kunkel, T.; Moritz, T.; Chua, N. H. and Sandberg, G.(2000) : An alternative cytokinin biosynthesis pathway. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 97:14778–14783.

5- Bilyeu, K.D.; Cole, J.L.; Laskey, J.G.; Riekhof, W.R.; Esparza, T.J.; Kramer, M.D. and Morris, R.O.(2001): Molecular and Biochemical Characterization of a Cytokinin Oxidase from Maize. Plant Physiol. 125 Plant Physiol.

6- Chaudhury, A.M.; Letham, S.; Craig, S. and Dennis, E.(1993): amp1-a mutant with high cytokinin levels and altered embryonic pattern, faster vegetative growth, constitutive photomorphogenesis and precocious flowering. Plant J. 4:907–916.

7- Cubas, P.; Lauter, N.; Doebley, J. and Coen E. (1999): The TCP domain: a motif found in proteins regulating plant growth and development. Plant J. 18:215–222.

8- Frank, M.; Rupp, H.M.; Prinsen, E.; Motyka V.; Van Onckelen, H. and Schmülling, T. (2000): Hormone autotrophic growth and differentiation identifies mutant lines of Arabidopsis with altered cytokinin and auxin content or signaling. Plant Physiol. 122:721–729.

9- Gamble, R.L.; Coonfield, M.L. and Schaller, G.E. (1998): Histidine kinase activity of the ETR1 ethylene receptor from Arabidopsis. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 95:7825–7829.

10- Hwang, I. and Sheen, J. (2001): Two-component circuitry in Arabidopsis signal transduction. Nature. 413:383–389.

11- Imamura, A.; Hanaki, N.; Nakamura, A.; Suzuki, T.; Taniguchi, M.; Kiba, T.; Ueguchi, C.; Sugiyama, T. and Mizuno,T. (1999): Compilation and characterization of Arabidopsis thaliana response regulators implicated in His-Asp phosphorelay signal transduction. Plant cell Physiol. 40:733–742.

12- Inoue,T.; Higuchi, M.; Hashimoto, Y.; Seki, M.; Kobayashi, M.; Kato, T.; Tabata, S.; Shinozaki, K. and Kakimoto, T. (2001): Identification of CRE1 as a cytokinin receptor from Arabidopsis. Nature. 409:1060–1063.

13- Kakimoto, T. (2001): Identification of plant cytokinin biosynthetic enzymes as dimethylallyl diphosphate:ATP/ADP isopentenyltransferases. Plant Cell Physiol. 42:677–685

14- Lohrmann, J.; Buchholz, G.; Keitel, C.; Sweere, C.; Kircher, S.; Bäurle, I.; Kudla, J. and Harter K. (1999): Differentially-expressed and nuclear-localized response regulator-like proteins from *Arabidopsis thaliana* with transcription factor properties J. Plant Biology. 1:495–506.

15- Mähönen, A.P.; Bonke, M.; Kauppinen, L.; Riikonon, M.; Benfey, P. and Helariutta, Y. (2000): A novel two-component hybrid molecule regulates vascular morphogenesis of the *Arabidopsis* root. Genes and Dev. 14:2938–2943.

16- Martin, R.C.; Mok, M.C; Habben, J.E. and Mok, D.W.S. (2001): A maize cytokinin gene encoding an O-glucosyltransferase specific to cis-zeatin. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 98:5922–5926.

17- Medford, J.; Horgan, R.; El-Sawi Z. and Klee H. (1989): Alterations of endogenous cytokinins in transgenic plants using a chimeric isopentyl transferase gene. Plant Cell. 1:403–413.

18- Posas, F. and Saito, H. (1998): Activation of the yeast SSK2 MAP kinase kinase kinase by the SSK1 two-component response regulator. EMBO J. 17:1385–1394.

19- Reichmann, J.L., Martin, G.; Reuber, L.; Jiang, C.-Z.; Keddie, J.; Adam, L.; Pineda O.; Ratcliffe, O.J.; Samaha, R.R.; Creelman R.; Pilgrim, M.; Broun, P.; Zhang, J.Z.; Ghandehari, D.; Sherman, B.K. and Yu G.-L. (2001): Arabidopsis transcription factors: genome-wide comparative analysis among eukaryotes. Science. 290:2105–2110.

20- Riou-Khamlichi, C.; Huntley, R.; Jacqmard, A. and Murray J.A. (1999): Cytokinin activation of *Arabidopsis* cell division through a D-type cyclin. Science. 283:1541–1544.

21- Sakai, H.; Aoyama, T. and Oka, A. (2000): Arabidopsis ARR1 and ARR2 response regulators operate as transcriptional activators. Plant J. 24:703–711.

22- Suzuki, T.; Sakurai, K.; Ueguchi, C. and Mizuno,T. (2001c) : Two types of putative nuclear factors that physically interact with histidine-containing phosphotransfer (Hpt) domains, signaling mediators in His-to-Asp phosphorelay, in *Arabidopsis thaliana*. Plant Cell Physiol. 42:37–45.

23- Suzuki, T.; Zakurai, K.; Imamura, A.; Nakamura, A.; Ueguchi, C. and Mizuno, T. (2000): Compilation and characterization of histidine-containing phosphotransmitters implicated in His-to-Asp phosphorelay in plants: AHP signal transducers of

Arabidopsis thaliana. Biosci. Biotechnol. Biochem. 64:2482–2485.

24- Taya, Y.; Tanaka, Y. and Nishimura S. (1978): 5′-AMP is a direct precursor of cytokinin in *Dictyostelium discoidum*. Nature. 271:545–547.

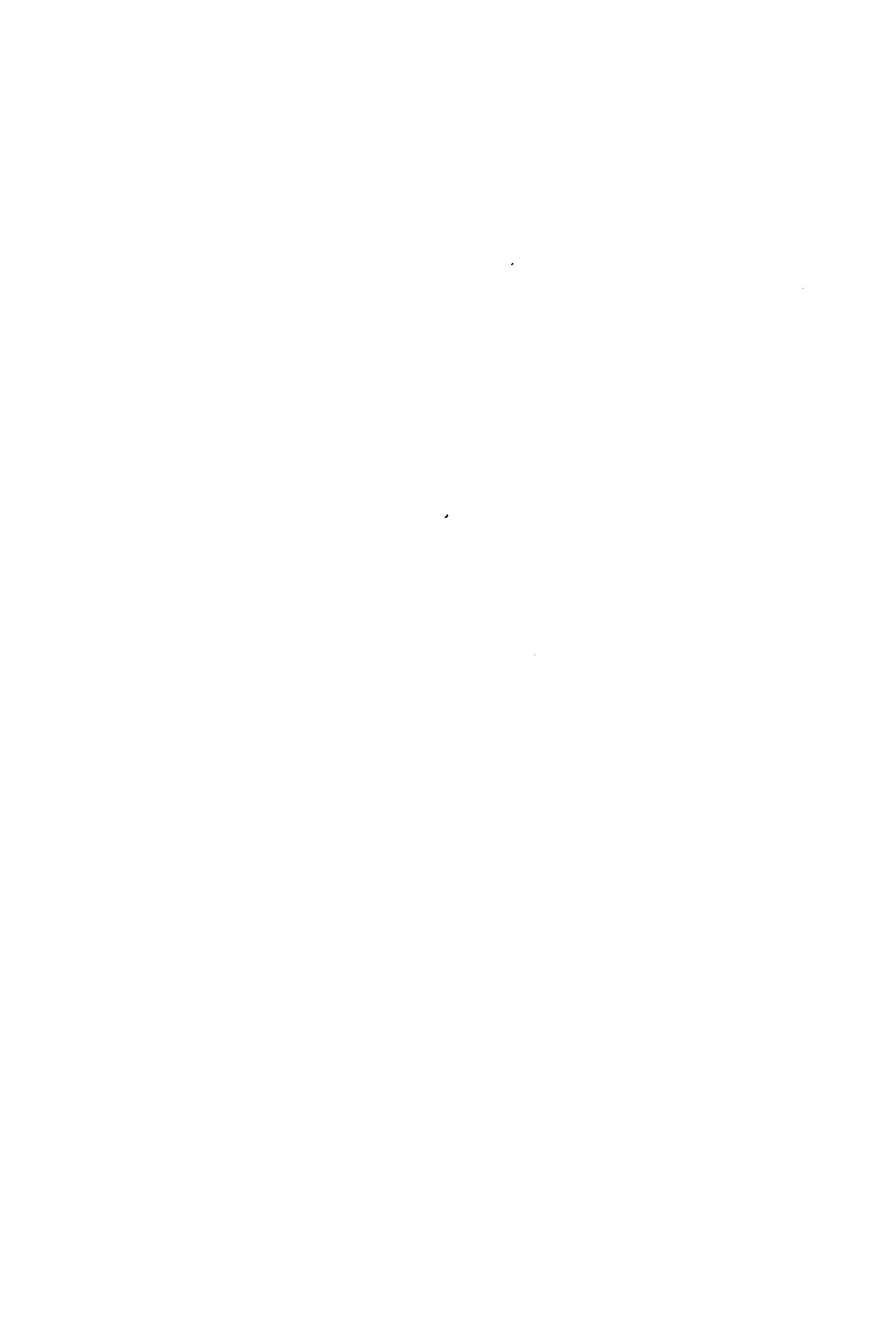
25- Ueguchi, C.; Sato, S.; Kato, T. and Tabata, S. (2001): The AHK4 gene involved in the cytokinin-signaling pathway as a direct receptor molecule in *Arabidopsis thaliana*. Plant Cell Physiol. 42:751–755.

26- Urao, T.; Miyata, S.; Yamaguchi-Shinozaki, K. and Shinozaki, K. (2000): Possible His to Asp phosphorelay signaling in an *Arabidopsis* two-component system. FEBS Lett. 478:227–232.

27- Welch, M.; Osawa, K. and Aizawa, S. I. (1993): Eisenbach M. Phosphorylation-dependent binding of a signal molecule to the flagellar switch of bacteria. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 90:8787–8791.

28- Werner, T.; Motyka, V.; Strnad, M. and Schmülling, T. (2001): Regulation of plant growth by cytokinin. Proc. Natl. Acad. Sci USA. 98:10487–10492.

29- West, A.H. and Stock, A.M. (2001): Histidine kinases and response regulatorproteins in two-component signaling systems Trends Biochem. Sci. 26:369–376.



ب ـ مثبطات النمو

Growth Inhibitors

ب ـ مثبطات النمو Growth Inhibitors

أولا : حمض الأبسيسك Abscisic Acid

ويتكون هذا الهرمون فى النباتات الراقية بطريقتين :

١ - من تكسير بعض الأصباغ مثل Carotene

٢ - من حمض Mevalonic acid

يزداد تكوين هذا الهرمون فى الأوراق عند حدوث Water stress حيث تزداد كميته بدرجة عالية جداً ٠

ABA

الوظائف الفسيولوجية :

١- انغلاق الثغور Stomatal closure :

وجد أن هذا الهرمون له القدرة عند التركيزات العالية يؤدى الى تغير فى الحالة المائية فى الخلايا الحارسة حيث يعمل على خروج البوتاسيوم خارج الخلايا الحارسة K^+ Efflux - والذى له دور أساسى فى المحافظة على امتلاء هذه الخلايا عند زيادة كميتة فيها ، وبالتالى عندما يتناقص البوتاسيوم بسبب هذا الهرمون فإنها تفقد درجة امتلائها ، مما يؤدى الى انغلاق الفتحات الثغرية ، بالتالى تقل عملية النتح، ويؤثر ذلك أيضا على عملية البناء الضوئى٠

٢- تثبيط عمل GA_3 :

وجد أن هذا الهرمون يعمل على تثبيط عمل GA_3 حيث يعمل على عدم تنشيط تكوين α-amylase الذى يقوم بها GA_3 .

٣- ABA وعملية الكمون :

.وجد أن عملية الكمون فى البراعم والبذور تزداد مدتها بزيادة وجود هذا لهرمون ويرجع ذلك كما يرى البعض الى اعاقة تكوين RNA فى وجود هذا لهرمون ·

١- يساعد هذا الهرمون على تساقط الأوراق ، الأزهار ·

٢- إعاقة النمو فى الأوراق أثناء النمو ·

مراجع مختارة :

1- Boxall, S.F., Martin, T.R. and Graham IA. (1997): Arabidopsis thaliana mutants that are carbohydrate insensitive. Plant Physiol. 114: S-247

2- Cooper, T.G and Beevers, H .(1969): Mitochondria and glyoxysomes from castor bean endosperm. J Biol Chem . 244: 3507-3513 .

3- Dewald D.B; Sadka, A. and Mullet J.E. (1994): Sucrose modulation of soybean Vsp gene expression is inhibited by auxin. Plant Physiol . 104: 439-444 .

4- Finkelstein, R.; Tenbarge K, Shumway J, Crouch M. (1985): Role of abscisic acid in maturation of rapeseed embryos. Plant Physiol . 78: 630-636 .

5- Garciarrubio. A.; Legaria JP, Covarrubias AA.(1997): Abscisic acid inhibits germination of mature Arabidopsis seeds by limiting the availability of energy and nutrients. Planta . 203: 182 -187.

6- Halford, N.G.; Purcell,P.C. and Hardie, D.G.(1999):Is hexokinase really a sugar sensor in plants? Trends Plant Sci. 4: 117-120 .

7- Jang, J.; Sheen, J. (1997) :Sugar sensing in higher plants. Trends Plant Sci. 2: 208 -214 .

8- Kraepiel, Y. and Rousselin, P. S. (1994): Analysis of phytochrome- and ABA-deficient mutants suggests that ABA

degradation is controlled by light in *Nicotiana plumbaginifolia* . Plant J. 6: 665–672

9- Moore, B.D. and Sheen,J. (1999):Plant sugar sensing and signaling: a complex reality. Trends Plant Sci. 4: 250 .

10- Pego, J.V.; Weisbeek, P.J. and Smeekens, S.C.M . (1999): Mannose inhibits *Arabidopsis* germination via a hexokinase-mediated step. Plant Physiol . 119: 1017 –1023 .

11- Roitsch, T.; Bittner, M. and Godt, D.E. (1995): Induction of apoplastic invertase of Chenopodium rubrum by D-glucose and a glucose analog and tissue-specific expression suggest a role in sink-source regulation. Plant Physiol. 108: 285 –294 .

12- Smeekens, S. and Rook, F. (1997): Sugar sensing and sugar-mediated signal transduction in plants. Plant Physiol. 115: 7–13.

13- Tang, G-Q.; Luscher, M. and Sturm, A. (1999): Antisense repression of vacuolar and cell wall invertase in transgenic carrot alters early plant development and sucrose partitioning. Plant Cell. 11: 177–189 .

14- Werner, J. and Finkelstein, R. (1995): Arabidopsis mutants with reduced response to NaCl and osmotic stress. Physiol Plant. 93: 659–666 .

15- Yang, Y-Y.; Nagatani, A.; Zhao, Y-J., Kang, B-J., Kendrick, R.E. and Kamiya, Y. (1995): Effects of gibberellins on seed germination of phytochrome-deficient mutants of Arabidopsis thaliana .Plant Cell Physiol. 36: 1205–1211

16- Zhou, L.; Jang, J. and Sheen J. (1996): Glucose insensitive (gin mutants) define downstream pathways for sugar signaling in Arabidopsis development. Seventh International Conference on Arabidopsis, June, , Norwich, UK .

17- Zhou, L.; Jang, J-C.; Jones, T.L. and Sheen J . (1998): Glucose and ethylene signal transduction crosstalk revealed by an Arabidopsis glucose-insensitive mutant. Proc Natl Acad Sci USA. 95: 10294-10299.

18- Himmelbach, A.; Iten, M. and Grill, E. (1998): Signaling of Abscisic Acid to Regulate Plant Growth. Philos. Trans R. Soc. Lond. B. Biol..Sci. 353(1374): 1439-1444.

19- Busk, P.K. and Pages M. (1998): Regulation of Abscisic Acid-Induced Transcription. Plant Molecular Biology. 37(3): 425-435.

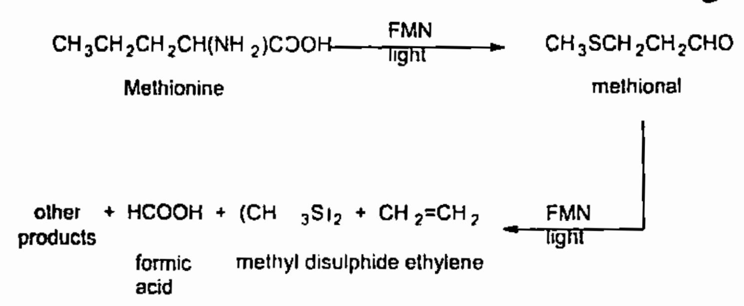
20- Sheen, J. (1998): Mutational Analysis of Protein Phosphatase 2C Involved in Abscisic Acid Signal Transduction in Higher Plants. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 95(3): 975-980.

ثـــانيا : الأثيـــلـين

Ethylene

$$H_2C=CH_2$$

تخليق الايثيلين فى النباتات :

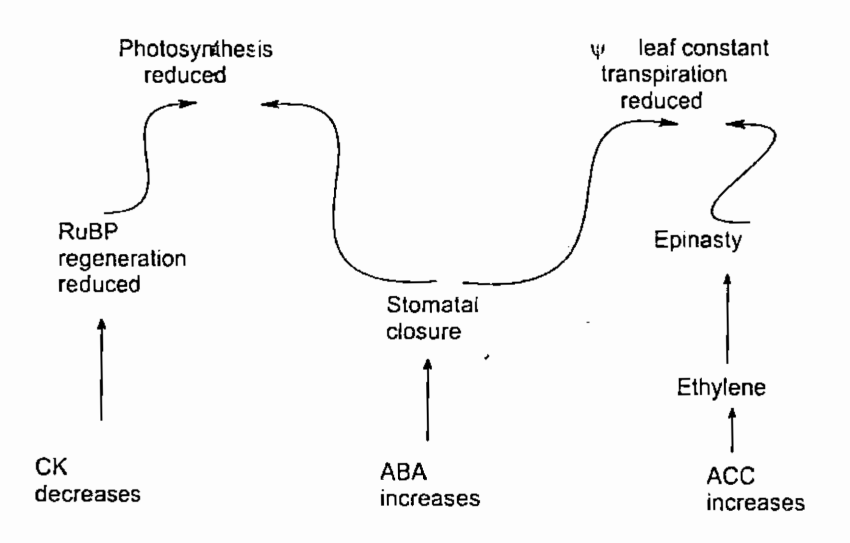


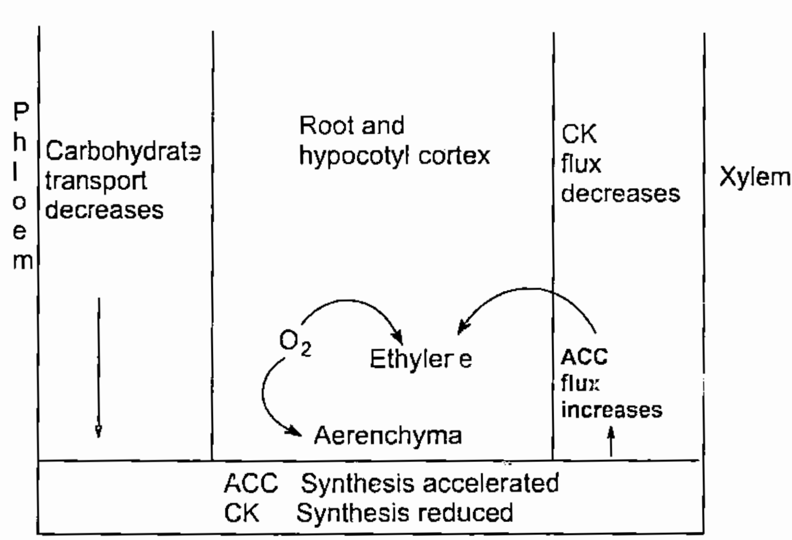
١- العديد من المركبات خاصة الحامض الأمينى الميثيونين يتم تحويله فى الأنسجة النباتية الى الأيثيلين ٠ ويحتاج هذا التفاعل الى الضوء وخاصة Far-red كذلك الى المرافق الانزيمى flavin mononucleotide ولذلك إعتبر الميثيونين هو المنشأ الرئيسى فى تكوين الأيثلين ٠

٢- يتكون الأيثيلين فى النباتات تحت ظروف الاجهاد المائى الناتج عن الاغراق بالماء Flooding يؤدى الى وجود الجذر فى ظروف لاهوائية حيث كمية O_2 غير كافية ، لذلك تنشط المرحلة التنفسية اللاهوائية Glycolysis ، يتطلب الجذر كمية عالية من المواد الكربوهيدراتية لهذا الغرض من الساق ولكن الانتقال خلال اللحاء يتناقص نتيجة التنفس اللاهوائى ٠ يتكون فى الجذر مادة هى منشأ الايثلين وتعرف Acc (1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid).

وهى تخلق فى الظروف اللاهوائية فقط فى الجذور المغمورة بالماء وتنقل هذه المادة الى الساق الهوائى حيث تتحول الى الأيثيلين فى وجود الأوكسجين ٠

ويؤدى ذلك الى تكوين البرانشيمة الهوائية والتى تتسبب فى زيادة انتشار الأوكسجين الذى ينتقل الى الأجزاء المغمورة ٠ وحينئذ تبدأ هذه الأجزاء فى تخليق الايثيلين من ACC ٠ والدليل على هذه الطريقة أن جذور الطماطم فى أحد التجارب التى كانت فيها هذه الجذور معرضة لظروف لاهوائية وهى مغمورة فى الماء لم تخلق ايثيلين الا بعد أن عرضت فترة للهواء الجوى ٠





Model for Regulation of Shoot Responses to Root Flooding

(الشكل ٢١) يوضح استجابة ساق نبات الطماطم عند تعرض جذوره للغمر.

بعض العلاقات الفسيولوجية لغاز الأثيلين :

أوضح Burg عام ١٩٦٢ أن الأثيلين يخلق طبيعيا فى الأنسجة الخضرية والزهرية وكذلك فى الثمار والبذور وهو بذلك منظم للنمو فى جميع مراحل حياة النبات منذ بدء انبات البذور وحتى مرحلة الشيخوخة ، ومن أهم تأثيراته :

١- يؤثر الأثيلين على انبات البذور ونمو البادرات وقد افترض أن الأثيلين يساعد البادرات على تحمل الضغط الواقع عليها من حبيبات التربة اثناء انبات البادرات وذلك بزيادة سمكها وبالتالى زيادة قوتها الميكانيكية والتقليل من ضرر الاحتكاك بحبيبات التربة ٠

٢- يؤثر الاثيلين على فترات السكون فى البذور والدرنات والابصال والبراعم فقد وجد ان للأثيلين تأثيرا على نمو براعم درنات البطاطس وتشير أبحاث كثيرة الى أن الأثيلين يزيد من نمو براعم كثيرة من الكرومات و الابصال والجذور والعقل الخشبية٠

٣- يشجع بدء تكوين ونمو الجذور والشعيرات الجذرية ولكن يقلل من استطالتها وكذلك استطالة السيقان مع تشجيعه للزيادة فى نموها الجانبى ٠

٤- هناك أيضا العديد من الأدلة التى تشير الى أن له دورا منظما فى استجابة السيقان والجذور للجاذبية الأرضية (الانتحاء الارضى) والانتحاء الضوئى للسيقان وعلى السيادة القمية ٠

٥- تشير الأبحاث على أن هناك علاقة قوية بين بدء التساقط الصيفى والزيادة فى كمية الأثيلين فى الأنسجة٠

٦- اذا نظرنا الى مرحلة الازهار فنجد ان للأثيلين دور هرمونى هام فقد شجع أزهار الأناناس و الكريزانثيم وتكوين ثمار القطن وقد وجد انه يشجع على بدء تكوين البراعم الزهرية فى ابصال الأيرس وزيادة عدد الأزهار المؤنثة فى

القرعيات وهو ما يعرف Sex expression وقد وجد أن الأثيلين يساعد على انبات حبوب اللقاح ونمو أنابيب اللقاح ·

٧- اما عن علاقة الأثيلين بنضج الثمار فقد حددت تلك العلاقة مـن ملاحظتـين أولهما ان النضج الطبيعى للثمار يكون مصحوبا بزيادة كمية الأثيلين المنتجـة وثانيهما أن معاملة بعض الثمار بالأثيلين تؤدى الى التبكير فـى بـدء عمليـة النضج والأسراع منها وقد أثبتت الأبحاث الحديثة أنه تحت الظروف الطبيعيـة يتراكم تركيز فسيولوجى داخل 'الأنسجة كاف لبدء نضج المـوز والكنتـالوب وكيزان العسل والطماطم والتفاح والأفوكادو والكمثرى وغيرها وفى دراسـات عديدة وجد ارتباط قوى بين ارتبـط حدوث قمة انتاج الأثيلين وبـين وصـول معدل التنفس الى القمة وعلى المستوى الخلوى و البيوكميائى فلقـد وجـد أن الأثيلين يشجع على زيادة حجم الخلايا فى الأتجاة الأفقى ويؤثر علـى معـدل انقسام الخلايا فهو يمنع النمو الطولى ويزيد من سمك الأجزاء النامية للبطاطس وتفسر هذه الأستجابة على أن الأثيلين يعدل من طبيعة وخواص جدر الخلايا واتجاة الألياف السليولوزية و البكتينية فى جدر الخلايا مما يجعلها أكثر مرونة مثل انزيم السليوليز كما فسر تأثير الأثيلين على زيادة معدل التنفس فى الخلية على أساس تنشيطه لتخليق بعض الأنزيمات وحديثا وجد أن لهذا الغاز علاقـة مباشرة بجهاز تخليق البروتين حيويا مؤثرا علـى معـدل تخليـق البـروتين ونوعيته عن طريق تحكمه فى تخليق RNA وأنتاج الأنزيمات·

العلاقة بين الأثيلين وأستجابة الأنسجة النباتية للأوكسينات :

اقترح بعض الباحثين أن استجابة الأنسجة النباتية لبعض الأوكسينات هـى فـى الواقع استجابة للأثيلين حيث وجد أن كميته المنتجة من الانسجة المعاملة بالأوكـسين تزيد زيادة كبيرة وأن الكثير من الأستجابات الفسيولوجية ولحدة اذا عوملت بالأثيلين أو الأوكسين فمثلا وجد أن معاملة نبات القطن بالأوكسين أدت الى زيادة انتـاج الأثيلـين والى حدوث انحناء فى عنق الأوراق ، كذلك المعاملة بالأوكسين تسبب فى زيادة انتاج

الأثيلين واسقاط أوراق الفاصوليا وفى دراسة آخرى اقترح أيضا ان تأثير الأوكسين المنشط لازهار نبات الأناناس يرجع لزيادة انتاج الأثيلين بعد معاملتها بالأوكسين٠

كما فسر العديد من الملاحظات الفسيولوجية على أساس استجابة النبات للأوكسين هى فى الواقع علاقة غير مباشرة عن طريق زيادة انتاج الأثيلين من هذه الأنسجة وهناك أدلة تشير الى صحة هذه النظرية فى بعض الأستجابات مثل نمو الجذور الثانوية و السيادة القمية ٠ هذا ويجب التنوية الى أن اتجاها حديثا يشير الى وجود اختلافات عديدة فى بعض الاستجابات الفسيولوجية والكميائية بين الهرمونين وأنه لا يجب تفسير جميع تأثيرات الأوكسين على انها تتم من خلال زيادة انتاج الأثيلين٠

الأثيلين و تطبيقاته :

الى عهد قريب اقتصر استعمال الأثيلين من الناحية التطبيقية كمعاملة ما بعد القطف الثمار Post harvest treatment للتحكم فى انضاج وتلوين الثمار مثل الموز والطماطم والكنتالوب والموالح وغيرها ولم يحاول أحد استخدام الأثيلين كمعاملة قبل القطف او فى الحقل وذلك لصعوبة معاملة الأشجار و النباتات بالغاز الا أن هذه الصعوبة قد ذللت عن طريق ايجاد بعض المواد الكميائية والتى عند رشها على النبات تحلل لكى تعطى غاز الأثيلين داخل أنسجة النبات نفسة واهم هذه المركبات هى الأثيفون Ethephon والذى عرف أيضا باسم الأثيريل Etherl وتركيبه ٢ Choroethyl phosphonic acidوالذى من خواصه أنه فى محلول ثابت فى الوسط الحمضى آسه الأيدروجين ٤ وعند تعرضه الى وسط اقل حموضة (مثل ما هو موجود داخل الخلايا والتى يتراوح pH بها بين ٦٠٥ الى ٦٠٨يتحلل الى غاز الأثيلين وأيون الفسفور والكلور٠

لذلك أستعمل الأيثريل على الكثير من النباتات البستانية بغرض الأسراع من التزهير وتغيير نسبة الأزهار المؤنثة الى المذكرة و التحكم فى النمو الخضرى لزيادة

التفرع الجانبى وتثبيط النمو الخضرى أو تشجيع تكوين الريزومات ولاغراض مقاومة الحشائش وكسر دور الراحة فى بعض البراعم و الأبصال والكورمات والــتحكم فــى تساقط الأوراق وخف الأزهار والثمار وتسهيل جمع بعض المحاصــيل مثــل القطــن وثمار الفاكهة والتحكم فى انضاج الثمار وأخيرا زيادة محصول المطاط فــى أشــجار المطاط ·

كيفية عمل الهرمونات النباتية :

لمحاولة فهم الطبيعة التنظيمية للهرمونات النباتية، هناك ثلاث اتجاهات بحثيــة وهى دراسة التركيب الجزيئى للهرمونات بقصد التعرف على المتطلبــات والخــواص اللازمة لأى جزيء لكى يظهر نشاطا انزيميا ، ثم دراسة خواص جدر الخلايا وتأثرها بالهرمونات وأخيرا دراسة التغيرات البيوكميائية التى تحدث بعد بدء تأثير الهرمون ·

أولا : التركيب الجزيئى وعلاقته بالنشاط الحيوى للهرمونات النباتية :

أ- الأوكسينات Auxins :

بعد اكتشاف أن الأندول حمض الخليك IAA هو الأوكسين الطبيعى فى النبــات اكتشفت عدة مركبات مشابهة من الناحية الكميائية لها نفس التأثير الحيوى مثل انــدول ٣- حمض البيروفيك ، اندول ٣- حمض البروبيونيك ، واندول ٣- حمض البيوتريك ثم تم اكتشاف بعض المركبات التى لها نفس تاثير اندول ٣- حمض الخليك الحيويــة ولكنها تختلف عنه كميائيا وأهمها مشتقات حمض فينوكسى الخليك مثــلD- ٢،٤ و T ٢،٤،٥ ولها جميعا قيمتها الفعالة كمبيدات حشائش اختيارية ·

وفى أواخر الثلاثينات أمكن وصف المتطلبات الجزيئية المطلوب توافرهــا فــى مركب بعينه لكى يظهر تأثيرا مشابها للأوكسينات وحصرت فى التالى :
ان يكون:

١ - للمركب تركيب حلقى ·

٢- يوجد بالحلقة على الأقل رابطة زوجية غير مشبعة ·

٣- يرتبط بالحلقة سلسلة جانبية تنتهى بمجموعة كربوكسيل أو بهـا مجموعـة يسهل تحويلها الى مجموعة كربوكسيل ·

٤- ضرورة وجود ذرة كربون واحدة علـى الأقـل بـين الحلقـة ومجموعـة الكربوكسيل ·

٥- يجب ان يكون له ترتيب بنائى محدد بين السلسلة الجانبية والحلقة يسمح لـه باجراء التفاعل ·

ولقد ثبت أن هذه المتطلبات لم تتوافر لمركبات آخرى لها نفس تاثير الأوكسينات رغم اختلافها من ناحية التركيب الجزئى مثل بعـض مـشتقات حمـض البنزويـك واثيوكرباامات مثل ٦-٢ ثنائى كلورو حمض البنزويك والكربوكسى ميثيـل تـراى كا_بامات · وعليه أفترض أنه لكى يكون لجزيء ما نشاط أوكسيني يجب أن تتـوزع الشجرة الألكتروستتيكية عليه توزيعا خاصا والتى تؤهله للتوافق استاتيكيا مع الجزيء المستقبل بالخلية وبهذا يمكن القول أن الدراسة المكثفة الموجهة لـربط العلاقـة بـين التركيب الجزيئى والنشاط الحيوى للأوكسينات لم تصل بنا حتى الأن لفهـم وتفـسير عمل الهرمونات على المستوى الخلوى ·

ب- الجبرلينات Gibberellins :

ثبت أن جميع المركبات العضوية التى لها نفس التاثير الحيوى للجبرلينات تحتوى على هيكل كربونى ثابت ومميز ويعرف بالجيبين وقد أمكن اكتشاف بعض مركبات لها نشاط مماثل لنشاط الجبرلينات ولكن بدرجة أقل رغم وجود اختلافات فى تركيبها مثل Helminthosporal وقد ثبت أن لهذا المركب القدرة على التحول انزيميا الى الجبرللين فى الأنسجة النباتية · وقد اثبت أن الجبرللين كما فى حالة الأوكسين يرتبط بالجزيء المستقبل ارتباطا طبيعيا وليس بروابط كميائية ·

ج - السيتوكينينات Çytokinins :

اتضح من الدراسات أن التركيب الجزيئى لجميع السيتوكينينات الطبيعية يحتوى على (أمينوبيورين ، الأدينين) ولقد وجد أن كثير من مشتقات الأدينين تماثل السيتوكينين الطبيعى فى تأثيره الحيوى والفسيولوجى والمورفولوجى على الأنسجة النباتية ولقد أثبتت التجارب أيضا أن السيتوكينينات ترتبط ارتباطا طبيعيا وليس كميائيا مع الجزيء المسقبل بالخلايا لكى يظهر أثره الحيوى مماثلا فى ذلك للأوكسينات والجبرللينات ·

د - حمض الأبسيسيك Abscisic acid :

من الدراسات لم تتضح خطوط واضحة لمعرفة المتطلبات التركيبية فى الجزيئات المشابهة كميائيا لحمض الأبسيسيك ولكن حتى الأن وجدت صيغتين لحمض الأبسيسيك آحدهما المضاهى و الأخر المخالف (2 trans ABA , 2cis ABA) وثبت أن للأول نشاط حيوى أقوى من الثانى مما يعنى أن هناك متطلبات تركيبية معينة لكى يتم لها الأرتباط مع الجزيء المستقبل بالخلية لأظهار النشاط الهرمونى ·

هـ- الأثيلين Ethylene :

أدت الأبحاث المحدودة التى درست علاقة التكوين الجزيئى لغاز الأثيلين (CH2 = CH2) وعلاقة هذا التركيب بنشاطة الحيوى على أن مجموعة (= CH2) فى نهاية السلسلة الهيدروكربونية والمرتبطة بها رابطة زوجية تعتبر أساسية للنشاط الهرمـــونى وهناك العديد من المركبات المشابهة للأثيلين تتركب من سلسلة هيدروكربونيـــة بهـــا العديد من الروابط الزوجية غير المشبعة ووجد أن لهذة المركبات نشاطا حيويا يماثـــل الأثيلين اللا أنه بزيادة عدد ذرات الكربون يقل التأثير الحيوى فمثلا يزيد نشاط الأثيلين عدة مرات عن البروبلين · وما زال الغموض يحيط بالعلاقة الجزيئيـــة بـــين جزيئـــى الأثيلين والجزيء المستقبل بالخلية ·

ثانياً : خواص جدر الخلايا وتاثير الهرمونات على زيادة حجم الخلايا :

من المعروف أن تمدد جدر الخلايا كنتيجة لخواصه الطبيعية والتى تحـــدد قـــوة ضغط الجدار عليها وهناك نوعين من التمدد الجدار خلوى أولها هو التمدد المطـــاطى Elastic extension الرجعى وهذا النوع لا يعتبر تمددا أو نموا حقيقيا أمـــا النـــوع الثانى فهو التمدد البلاستيكى Plastic extension وهو الغير رجعـــى Irreversible وهو نموا حقيقيا ولما كانت الأوكسينات والجبرلينات والأثيلين تسبب جميعها زيادة فى حجم الخلايا فان ذلك يعنى أنها تؤثر بطريقة مباشرة أو غير مباشرة علـــى خـــواص الجدار وقد ثبت هذا تجريبيا كما أتضح أن لكل هرمون طريقته الخاصة فـــى التـــأثير على استطالة الخلايا ·

أ- الأوكسينات Auxins :

أثبتت التجارب أن الأوكسين تسبب التمدد المطاطى والبلاستيكى لذلك أفترض أن الأثر الأول للأوكسين هو التأثير على طبيعة الجدار الخلوية لكـــن نظـــرا لأن هنـــاك تأثيرات مميزة للأوكسين لا يتضمن حجم الخلايا مثل تشجيعه لأنقسام الخلايا وتشجيع

نمو الجذور.. الخ ولهذا أجمع الباحثون على أن تأثير الأوكسينات على جدر الخلايا هو في الواقع تأثير ثانوى نتيجة لتغيرات تمثيلية وقعت مسبقة فى السيتوبلازم تحت تـأثير الأوكسين ·

ب- الجبرلينات Gibberellins :

تعتبر الوسيلة التى يؤثر بها الجبرلين على جدر الخلايـا مختلفـة عـن حالـة الأوكسين فالجبرللين يزيد من حجم الخلايا دون أن يؤثر على صلابة الجدر الخلويـة فهو يؤدى الى زيادة حجم الخلايا ونسبة تدفق الماء الى الخلايا نفسها عن طريق زيادة تركيز المواد الذائبة الرافعة للضغط الأسموزى ويعرض هذا لرأى أن الجبرللين يشجع نشاط انزيم الفا اميليز والذى يحول النشا من الصور غير الذائبـة أى غيـر النـشطة اسموزيا الى صورة ذائبة نشطة اسموزيا ·

ج- الأثيلين Ethylene :

الأثيلين يزيد من التمدد الجانبى للخلايا ويرجع هذا الى تغير فى طبيعـة جـدر الخلايا وخواص ألياف السليلوز بها وهنا أيضا وجد أن تأثيره يرجع الى ازدياد معـدل نشاط بعض الأنزيمات المحللة مثل السليولـيز ·

د - الكينينات وحمض الأبسيسيك :

لم تظهر الأبحاث آى أثر ثابت وواضح لكل من الكينتين وحمـض الأبسيـسيك على حجم الخلايا وبالتالى فأنه يفترض حاليا أنه ليس لهذين الهرمونين أثر مباشر على طبيعة الجدر ·

مراجع مختارة :

1- Asai, T.; Stone, J.M.; Heard, J.E.; Kovtun, Y.; Yorgey, P.; Sheen, J. and Ausubel, F.M.(2000): Fumonisin B1–induced cell death in Arabidopsis protoplasts requires jasmonate-, ethylene-, and salicylate-dependent signaling pathways. Plant Cell. 12: 1823–1836.

2- Barry, C.S.; Fox, E.A.; Yen, H.; Lee, S.; Ying, T.; Grierson, D. and Giovannoni, J.J. (2001): Analysis of the ethylene response in the epinastic mutant of tomato. Plant Physiol. 127: 58–66.

3- Barry, C.S.; Llop-Tous, M.I. and Grierson, D. (2000): The regulation of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid synthase gene expression during the transition from system-1 to system-2 ethylene synthesis in tomato. Plant Physiol. 123: 979–986.

4- Beaudoin, N.; Serizet, C.; Gosti, F. and Giraudat, J. (2000): Interactions between abscisic acid and ethylene signaling cascades. Plant Cell. 12: 1103–1115.

5- Bent, A.F.; Innes, R.W.; Ecker, J.R. and Staskawicz, B.J.. (1992): Disease development in ethylene-insensitive *Arabidopsis thaliana* infected with virulent and avirulent Pseudomonas and Xanthomonas pathogens. Mol. Plant-Microbe Interact. 5: 372–378.

6- Berrocal-Lobo, M.; Molina, A. and Solano, R. (2002): Constitutive expression of ethylene-RESPONSE-factor1 in *Arabidopsis* confers resistance to several necrotrophic fungi. Plant J. 29: 23–32.

7- Bleecker, A.B.; Estelle, M.A.; Somerville, C. and Kende, H. (1988): Insensitivity to ethylene conferred by a dominant mutation in *Arabidopsis thaliana.* Science. 241: 1086–1089.

8- Bleecker, A.B. and Kende, H. (2000): Ethylene: A gaseous signal molecule in plants. Annu. Rev. Cell Dev. Biol. 16: 1–18.

9- Brader, G., Tas, E. and Palva, E.T.(2001): Jasmonate-dependent induction of indole glucosinolates in Arabidopsis by culture filtrates of the nonspecific pathogen Erwinia carotovora. Plant Physiol. 126, 849–860.

10- Gális, I.; Kakiuchi, Y.; Simek, P. and Wabiko H. (2004): *Agrobacterium tumefaciens* AK-6b gene modulates phenolic compound metabolism in tobacco. Phytochemistry. 65: 169-179.

11- Kempf, V.A.J.; Hitziger, N.; Riess, T. and Autenrieth, I. B (2002) Do plant and human pathogens have a common pathogenicity strategy. Trends Microbiol. 10: 269—275.

12- Sachs, T. (1991): Callus and tumor development. In, Pattern Formation in Plant Tissues, by T. Sachs. Cambridge University Press, Cambridge. pp. 38-55.

13- Schurr, U., Schuberth, B., Aloni, R., Pradel, K. S., Schmundt, D., Jähne, B., and Ullrich, C. I. (1996): Structural and functional evidence for xylem-mediated water transport and high transpiration in *Agrobacterium tumefaciens*-induced tumors of *Ricinus communis*. Bot. Acta. 109: 405-411.

14- Veselov, D.; Langhans, M.; Hartung, W.; Aloni, R.; Feussner, I.; Götz, C.; Veselova, S.; Schlomski, S.; Dickler C.; Bächmann, K. and Ullrich, C. I. (2003): Development of Agrobacterium tumefaciens C58-induced plant tumors and impact on host shoots are controlled by a cascade of jasmonic acid, auxin, cytokinin, ethylene, and abscisic acid. Planta . 216: 512-522.

15- Wächter, R.; Fischer, K.; Gäbler, R.; Kühnemann, F.; Urban, W.; Bögemann, G. M.; Voesenek, L. A. C. J.; Blom, C. W. P. M. and Ullrich, C. (1999): Ethylene production and ACC-accumulation in *Agrobacterium tumefaciens*-induced plant tumours and their impact on tumour and host stem structure and function. Plant Cell Environ. 22: 1263-1273.

16- Wächter, R.; Langhans, M.; Aloni, R.; Götz, S.; Weilmünster, A.; Koops, A.; Temguia, L.; Mistrik, I.; Pavlovkin, J.; Rascher, U.; Schwalm, K.; Koch, K. E. and Ullrich, C. I. (2003): Vascularization, high-volume solution flow, and localized roles for enzymes of sucrose metabolism during tumorigenesis by *Agrobacterium tumefaciens*. *Plant Physiol*. 133: 1024 —1037.

الفصل العاشر
حركة النبات
Plant Movement

مقدمة :

إن حركة النبات كثيرا ما يهملها الفسيولوجيون نظرا لبطئها غير أن ما ظهر من تقنيات حديثة فى التصوير وكاميرات الفيديو الرقمية الحديثة التى تلقط صورة كل عدة ثوان وتسجلها داخل الكاميرا ليتم نقلها للكمبيوتر ليتم عرضها بالسرعات التى تظهر حركة النبات بشكل جيد للوقوف على حركة الأعضاء النباتية بدقة وإظهار واقعية الحركات الذاتية للأوراق والسوق . وبتلك الطريقة أمكن ملاحظة أن أوراق الدخان تبدو وكأنها ترتفع وتنخفض وكأنها أجنحة طير أثناء الطيران ، كما يمكن رؤية الساق وهى تتحرك حركات حلزونية منتظمة ، كما يمكن إظهار الحركات التى تحدث أثناء تفتح البراعم سواء كانت براعم ورقية او الزهرية . كذلك اهتم الفسيولوجيون بدراسة إيقاع النبات الداخلى والبحث عن كيفية تنفيذ النبات لبرنامجه فى التطوير وإحساسه بالليل والنهار وبقياسه درجة الحرارة وأوضاع النبات عن مجاورته لأخرى وشن حربة للدفاع عن نفسه إذا تعرض لهجوم بكتيري او فيروسى او أصابته حشرة او حتى إذا وقع تحت وطأة الإجهاد البيئي من حر او برد او تعرض للملوحة او الجفاف ... الخ .

حركات النمو :

هى التغيرات فى وضع الأعضاء نتيجة زيادة حجم الخلايا وزيادة أعدادها وانحنائها ويحدث الانحناء نتيجة زيادة عدد وحجم الخلايا الغير متساوى فى الأجزاء التى تحدث لها النمو والانحناء ، فالحركة الانتحائية هى الحركات التى تحدث بتأثير العوامل البيئية مثل الانحناء للضوء الساقط على السوق والجذور (الانتحاء الضوئى) والانتحاء بتأثير الجاذبية الأرضية (الانتحاء الأرضي) أو اتخاذ أوضاع حركية بتأثير اختلافات المحتوى المائى للتربة (الانتحاء المائى) والانتحاء نتيجة التلامس الفيزيائى او التلامس الكيميائي (الانتحاء التلامسي) أو الانتحاء الكيميائي) . وتعتبر الحركة موجبة حينما ينحنى العضو فى اتجاه المؤثر وسالبا حينما ينحنى العضو فى الاتجاه المضاد .

الحركات الانتحانية:

هى الحركة التى تحدث فى العضو نتيجة تساوى العامل المؤثر على العضو من جميع الاتجاهات بالتساوى ، فحركة الأوراق الحديثة أثناء النمـو وحركـة حراشـيف البراعم وبتلات الأزهار عند التفتح أمثلة للحركات الانتحائية وتنتج من نمـو الـسطح السفلي للعضو أسرع من السطح العلوى مما يجعلها تنحنى الى أعلا مثلا لتغليف قمـة الساق أو حدوث زيادة النمو فى السطح العلوى اكبر فيحدث تفتح البراعم ، أمـا قمـة الساق فتنمو حلزونيا رغم أن ظاهر الأمر إنها تنمو رأسيا وينتج التثني من عدم تساوى معدلات النمو فى الأجزاء الرأسية المختلفة حول محـور الـساق بعـض الحركـات الانتحانية تحفزها عوامل بيئية كالحرارة والضوء فتتهدل الأوراق لـيلا فـى بعـض الأنواع وتتعدل أوضاعها فى أثناء النهار وهذه الحركات عادة تكون مرتبطة بتوزيـع الاوكسينات فى الأنسجة المتأثرة .

حركات الامتلاء:

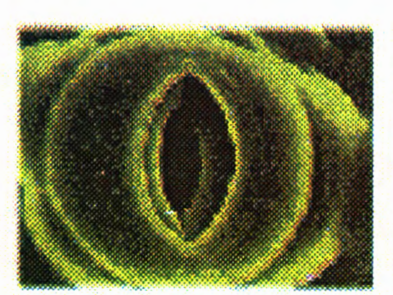
وهى التى تنتج نتيجة التغيرات والتغيرات العكسية فى امـتلاء الخلايـا بالمـاء وعادة تكون الأعضاء المتأثرة بتلك الحركات الامتلائية ذات خلايا رقيقة الجدر تسمى أعضاء الحركة أو الوسائد مثل حركة النوم للنبات ميموزا بوديكا ، وكذلك فتح وغلـق الثغور وحركة الأوراق الناتجة عن الذبول والشفاء منـه ، وعـادة تحـدث حركـات الامتلاء التى تؤدى الى التفاف الأوراق من وجود خلايا كبيرة فى الحجم تسمى الخلايا البالونية توجد على السطح العلوي للورقة عند قاعدتي أخدودين فى محـاذاة العـرق الوسطى.

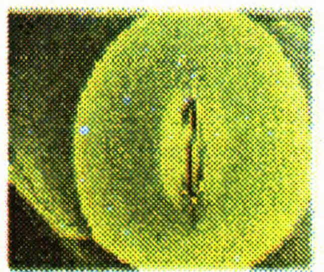
فعندما يكون الامتلاء كبيرا تكون الاوراق منبسطة وعندما يكون ينخفض ضغط الامتلاء ترتخى جدر تلك الخلايا البالونية فتنطبق الورقة (كما فـى نبـات حشيـشة الرمال) وعندما تعيد الخلايا المرتخية امتلائها تنبسط الورقة مرة اخرى ، وتـستغرق الاوراق ما بين ٨ – ٢٠ دقيقة لاعادة امتلائها وبالتالى انبساطها .

أما عن الآليات التى تفسر الحركة الامتلائية فكلها ترجع الى إفراز مـواد ذات نشاط اسموزى عالي يسمح بدخول الماء أو خروجه الى المسافات البينية مـن خـلال الأغشية السيتوبلازمية وهى تغيرات عكسية بعضها بيوكيميائى والبعض الآخر فيزيائي مثل التعرض للغازات والصدمة الكهربية والارتجاج والانتقال من الضوء الى الظـلام والعكس.



وسوف يتم مناقشة العوامل المؤثرة على الحركة الامتلائية عند التحـدث عـن حركة الماء والية حركة الثغور.





يسبب ضغط الامتلاء بالزيادة أو بالنقص الى انتفاخ الخلايا الحارسة الموجـودة على حافتي الثغر أو الى ارتخائها فينتج عن ذلك حركة فتح وغلق الثغر.

كما تظهر حركة الامتلاء عند انتصاب الأوراق أو الورقات بعـد رى النباتـات وعند ارتخاء الأوراق وتهدلها عند جفاف التربة وكذلك تظهـر تلـك الحركـة علـى الأوراق بوضوح فى الصباح الباكر حيث تكون الخلايا فى تمام الاخـتلاف ثـم يقـل الضغط الجدارى فترتخى الخلايا لخروج الماء الى المسافات البينية خاصة فى الخلايا السفلية لاعناق الأوراق فينتج عن ذلك حركة الارتخاء كما هو موضح بالصورة ·

توضح الصورة حركة الامتلاء فى الخلايا العلوية والسفلية المحيطة بعنق الورقة فعند تساوى ضغط الامتلاء فى كل الخلايا ينتج عن ذلك انتصاب الأوراق وانبـساطها وعند فقد انتفاخ الخلايا السفلية اكثر من الخلايا العلوية ينتج عن ذلك الارتخـاء فمـن المعروف أن تغير الامتلاء فى خلايا الأعناق هو الذى يسبب حركـات الأوراق التـى تتبع مسار الشمس أثناء النهار·

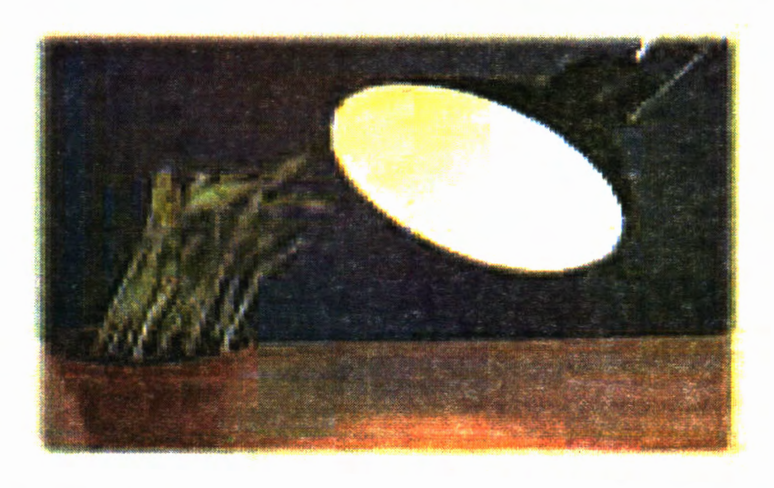
حركات التميؤ :

وهى الحركة التى تحدث فى الأنسجة الغير حية من النبات نتيجة تميؤ أو جفاف جدر الخلية وهى التى تسبب انشقاق القرنيات وتفتح الثمار العلبية والحركات الـسريعة للحوافظ الجرثومية الناضجة فى السراخس ·

الانتحاء الضوئى :

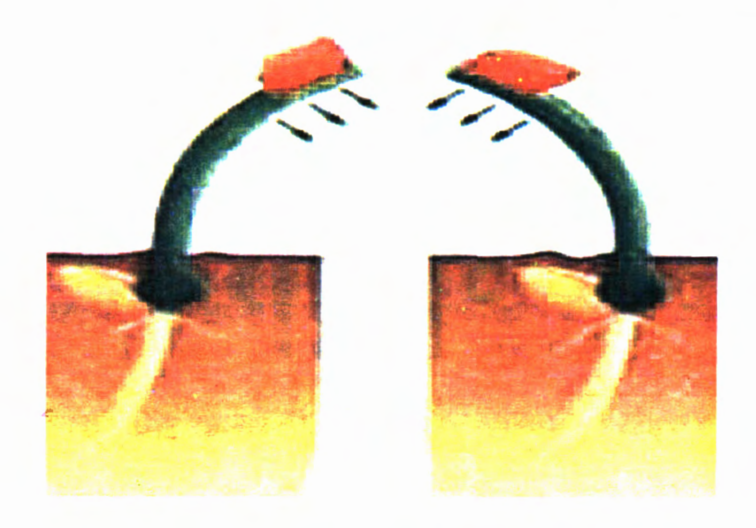
ينتج الانتحاء الضوئى نتيجة التعرض للإضاءة الغير متـساوية علـى جـانبي العضو النباتي، وعادة تنحنى السوق فى اتجاه الضوء الأقوى كمـا أن الأوراق تتخـذ وضعا معينا بالنسبة لمصدر الضوء وكثيرا ما تتخذ أوراق بعض النباتات مثل الخـس أوضاعا بحيث تواجه أنصالها الشرق والغرب حتى لا تواجه أنصال الأوراق الـشدة الكاملة لشمس الظهيرة سوى حواف الأوراق فتعرف عندئذ تلـك النباتـات بنباتـات البوصلة · تلك الحركات التى تضع الأوراق والسوق فى مواضع معينة بالنسبة للضوء ترجع لأختلاف فى معدلات النمو فى الأجزاء المضاءة عن الأجزاء المظللة فى السوق والأعضاء ·

فقد أشارت تلك التجارب إن قمم الغلاف الورقى للشوفان تمد البادرة بالأوكسين ونتيجة توزيعه الغير متساوى نتيجة تعرض الجزء المقابل للضوء والذى يؤثر سلبيا على الأوكسين حيث يؤدى الى أكسدته ضوئيا فيقل تركيزه فى الجزء المقابل للضوء مقارنتا بالجزء المظلل أو البعيد عن الضوء · وهناك رأى آخر يرى أن للضوء تأثير على هجرة الأوكسين من الجانب المعرض للضوء الى الجانب المظلل ونظرا لأرتفاع تركيزات الاوكسينات فى الجزء الغير مقابل للضوء ·



وقد عرفت آلية حركات الانتحاء الضوئى من دراسة سلوك الغلاف الورقى لنبات الشوفان وذلك لحساسية وبساطة تركيبة فقد عرف أن المنطقة التى تتأثر بالضوء اذا عرض من جانب واحد هى المنطقة التالية للقمة النامية لبادرات الشوفان بدليل عند ازالة القمة فان الانحناء يكون قليلا ولكن عند وضع القمة او قطعة من الجلاتين محتوية على الاوكسين سببت الانحناء بشدة·

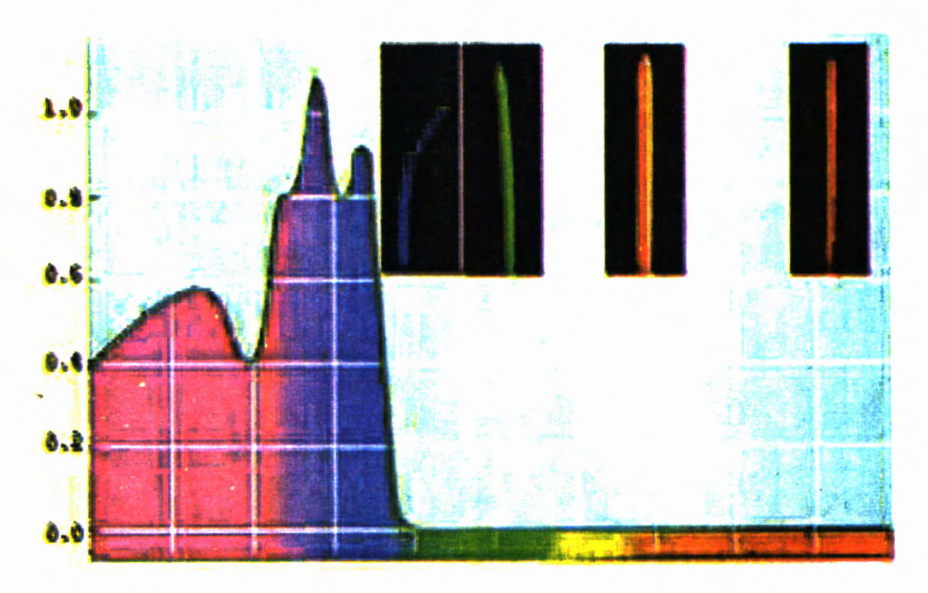
فيحدث استطالة لتلك الخلايا بمعدل أعلى من الخلايا المقابلة للضوء والأقل تركيزا للأوكسين مما يسبب انحنائها ناحية الضوء·



وعلى ما يبدو انه ليس لزيادة تركيز الأوكسين فى الجانب المظلل سـببا فـى زيادة الاستطالة فى الخلايا وبالتالى الانتحاء ولكن ينتج الانحناء نتيجة نقص اسـتطالة الجانب المضى لنقص الاكسين به وهو ما أثبتته القياسات الفوتوغرافية ·

وجد أن ليست جميع الأطوال الموجية للطيف المرئى متساوية التأثير فى إحداث الانتحاء الضوئى فالموجات الأقصر هى الأكبر تأثيرا كما نجدها فى الصورة التاليـة فيتأثر النبات بالأطوال الموجية الزرقاء والبنفسجية اكثر من غيرها ولا يتأثر بالموجات الطولية لألوان الطيف الأحمر والبرتقالي والأخضر وهناك صبغة مـا فـى الأنـسجة الحساسة تمتص هذه الموجات وهى غالبا صبغة البيتا كاروتين ومن الممكـن تكـون الصبغة المستقبلة للإحساس بالضوء إحدى صبغات الريبوفلافين الذى يقتـرب طيـف امتصاصه من الطيف الخاص بالبيتا كاروتين·

ولقد أثبتت التجارب أن هناك حدا من شدة الإضاءة لكي يستجيب النبات للانتحاء الضوئى فبمجرد تعرض النبات للقيمة الدنيا من شدة الإضاءة لبادرات الشوفان فأنهـا تنتحى ناحية مصدر الضوء وتكون درجة الانحناء متناسبة مع مقدار الإضاءة وذلك فى حدود مجال ضيق من شدة الإضاءة ، غير أنه إذا زادت كمية



الضوء على ذلك فأن هذه العلاقة تتغير فتقل درجة الانحناء الى أن يحدث انحناء سالب ، وإذا زادت شدة الإضاءة اكثر تبدأ موجة أخرى من الانحناء ٠

جدول يوضح اختلاف نسب توزيع الأوكسين فى كل من جانبي بادرات الشوفان نتيجة تعرضها للضوء من جانب واحد وتأثرها بالانحناء تبعا لشدة الإضاءة٠

كمية الإضاءة شمعة / م/ ثانية	درجة الانحناء	النسبة المئوية لتوزيع الأوكسين	
		الجانب المضيء	الجانب المظلل
صفر	صفر	٤٩٫٩	٥٠٫١
٢٠	+١٠°	٤١	٥٩
١٠٠	++	٢٦	٧٤
١٠٠٠	++٤٨°	٣٢	٦٨
١٠٠٠٠	صفر	٤٩	٥١

الانتحاء الأرضي :

إذا وضع نبات نامى فى أصيص فى وضع أفقي بضعة أيام فأن السوق تبدأ فى الانتحاء الى أعلى بعيدا عن الجاذبية الأرضية أما قمم الجذور الابتدائية تتغير وضعها فى الاتجاه المضاد أي الى مركز الأرض ٠



ويمكن مشاهدة سلوك الجذور بسهولة اكبر فى البذور النابتة وتفشل الجذور فى الانتحاء إذا ثبتت البذور على حافة عجلة تدور فى مستوى أفقي لإلغاء قوة الجاذبية الأرضية ٠ يسمى اتجاه الجذور الى مركز الأرض بالانتحاء الموجب Positive Geotropism وإذا كان عكس ذلك سمى الانتحاء الأرضي السلبي Negative Geotropism اما اذا كان نمو الجذور مائلا دون تعامدها على الجاذبية فتعرف بالانتحاء الأرضي المائل Plagiogeotropic كما فى الجذور الثانوية أما إذا كانت نامية أفقيا عرفت بالانتحاء الأفقي . Diageotropic



ويبدو أن الجاذبية الأرضية تشبة الضوء فى تأثيرها علـــى توزيـــع الأوكـــسين فيحدث الانتحاء الى أعلى بتأثير الجاذبية الأرضية إنما ينتج مـــن زيـــادة تركيـــزات الهرمون على الجانب السفلى للغلاف الورقى الأفقي الوضع ٠ ويختفى هذا التأثير بعد ٤٠ دقيقة فقط ٠ اما عن تأثير الضوء على توزيع الأوكسين فأنه يزول المؤثر بعد ٦ ساعات (بعد استبعاد الضوء)٠

الانتحاء التلامسي :

هي حركات النمو التي تؤديها النباتات نتيجـــة ملامـــستها للأجـــسام بتـــأثيرات الانتحاء التلامسي مثل حركة نمو المحاليق و هي أعضاء رفيعة أسطوانية تمثل ســـوقا و وريقات متحورة مثل ما توجد في العنب و البازلاء حيث تنثنـــي قمـــم المحـــاليق الحديثة نتيجة اختلاف معدلات النمو في الجانب الملامس للجسم الصلب عـــن الجـــزء المقابل والذي ينمو بمعدل أعلي مما يؤدي الي التفاف المحلاق حول الدعامة و نتيجة سرعة الالتفاف يصعب تفسير الانحناء ويعتقد إن الأمر يتعلق بضغط الامتلاء ثم بعـــد الالتفاف يبدأ تغليظ الجدر وثبات شكل الخلايا بعد تكون الجدر الثانوية فيتحول المحلاق الي جسم دعامي متين ٠

الانتحاء المائي :

هو انتحاء قمم الجذور النامية الي الأماكن ذات المحتوي المائي العالي ٠ فتظهر الجذور على أنها باحثة عن الماء وهى الخاصية التى يتبعها البستانى الماهر فى تربية مجموع جذرى قوى لنباتاته بأن يباعد فى كل عدة ريات بين فترات الرى آي يعرض الجذور الماصة لقليل من الجفاف مما يدفعها الى البحث عن الماء فى طبقـــات التربـــة الأبعد والتى ما زالت محتفظة بالرطوبة الأرضية فوق مستوى الاستنزاف ٠

الحركات في النباتات أكلة الحشرات :

وهي الحركات التي تستخدمها النباتات أكلة الحشرات في اقتناص الحشرات ففي نبات خناق الذباب (ديونيا موسكيبيولا) ينطبقان سطحى الورقة كفكي فـخ إذا لمـست الشعيرات الزنارية (تشبة الزناد) الموجودة علي سطح الورق لمسا خفيفا و قد تستغرق عملية الإغلاق اقل من ثانية · و يرجع ذلك الي وجود توترات نتيجة اختلافات في نمو السطحين العلوي و السفلي لنصل الورق غير ان تحرر التوترات بشكل مفاجئ غيـر معروف علي وجه الدقة ·



مقاومة اللمس :

تتأثر النباتات باللمس وتختلف درجة الحساسية تبعا لنوع النبـات فقـد تكـون الحساسية عالية فى النبات صائد الحشرات حيث تصبح الاوراق بمثابة الفخاخ او قـد يكون التويج فى الزهرة هو الفخ · وفى حالة ملامـسة الأمطـار وهجمـات الريـاح المتكررة للأشجار نجد أن جانبيها غير متماثلين نتيجة تعرض هما للمـس الهـواء أو الماء فيؤدى التلامس الى تمدد الساق وتضخم نصف قطره ويصبح أكثر صلابه فـى الجزء المعرض للمس ·

ويمثل رد الفعل عند التلامس انبعاث موجات كهربية عبر الغشاء الخلوى وتتدفق أيونات داخلية وخارجية لتعديل سيولة ونفاذية الغشاء على غرار ما يحدث فى الخلايا العصبية فى الانسان فيزيد دخول أيونات الكالسيوم لداخل الخلايا وتنشط بعض الجينات ، فقد وجد خمس جينات تتأثر وتنشط عن تعرض النبات للريح او البـرد او الاجهـاد البيئى او الاصابة المرضية او الحشرية ٠

تسبب الظلمة أيضا إغلاقا للوريقات كما فى نبات الحميض ونبـات المستحية وكذلك بعض الأزهار كزهرة شب الليل التى تتفتح قبل المغيب وبعدة ٠ وقـد يـشعر النبات بالدفء ولو لدرجة واحدة فتتفرج بتلاته كما فى التيوليب ٠ اما الزعفران فيتأثر بأرتفاع درجة او دفء الجو وبدرجة قليلة للغاية تصل الى ٠٢٠ درجة مئوية للغـرض نفسه وقد وجد أن النباتات المتحملة للحرارة العالية تنتج بروتينـات خاصـة تـسمى بروتينات الصدمة الحرارية لتحميها من التأثيرات السامة للحرارة العالية ٠

الحيل الدفاعية للنبات الحساس :

- عند تعرض الجذور للنترات تنتج جذورا جانبية عرضية ٠
- عند تعرض النبات للإصابة تقوم الخلايا بإرسال إشارات كهربائية بعيدة عن منطقة الهجوم لتحث الخلايا الأخرى على القيام بردود للأفعال على طول الخط الدفاعي ٠
- **بعض النباتات عندما تهاجمها الحشرات تقوم بإفراز ابر على الأوراق لتقلـل من شهية الحشرات المهاجمة ٠**
- **تنتج أشجار الزان مركبات مثبطة ضد الحشرات العسلية التى تتغذى عليها ٠**
- **تدافع أشجار الصنوبر ضد الحشرات الحافرة للممرات داخل لحائها بـإفراز الراتنج الصمغي المقاوم لانتشار الحشرات داخل الأنفاق ٠**

* تنتج بعض النباتات الفينول وقلويدات لمقاومة الغزاة ·

* عندما يتدفق لعاب ديدان الفراشات أكلة العشب تفرز بعض للنباتات روائـــح خاصة تجذب الزنابير المتطفلة على يرقات هذه الديدان المهاجمة فتمنعها مـــن مهاجمتها ·

كل ما سبق يدل على قدرة النبات على الإحساس والحركة والتفاعل مع البيئـــة المحيطة بة فسبحان من قدر وهى ومنحها تلك التقنيات لليسر لها العيش فـــسبحان الله الخالق العظيم الذى احسن كل شئ خلقة فهو احسن الخالقين ·

مراجع مختارة :

1- Brown, F. A. (1960): Response to pervasive geophysical factors and the biological clock problem. Cold Spring Harbor Symp. Quant Biol. 25: 57-71.

2- Bruce, V. G.and BRUCE, N. C. (1978) : Diploids of clock mutants of *Chlamydomonas reinhardii*. Genetics. 89: 225-233.

3- Buder, J. (1961): Der Geotropismus der Characeenrhizoide. Ber. Deutsch. Bot. Ges.. 74, (14)-(23).

4- Bunning, E. and Stern, K. (1930): Über die tagesperiodischen Bewegungen der Primärblätter von *Phaseolus multiflorus*. Ber. Deutsch. Bot. Ges. 48, 227-252 .

5- Bunning, E. (1932): Über die Erblichkeit der Tagesperiodizität bei den *Phaseolus*-Blättern. J. wiss. Bot. 77: 282-320.

6- Bunning, E. and Tazawa, M. (1957) : Über den Temperatureinfluß auf die endogene Tagesrhythmik bei *Phaseolus*. Planta (Berl.). 50: 107-121 .

7- Bunning, E. (1977) : Die Physiologische Uhr. Berlin-Heidelberg-New York: Springer Verlag .

8- Bunning, E. (1986) : Evolution der circadianen Rhythmik und ihrer Nutzung zur Tageslängenmessung. Naturwissenschaften. 73: 70-77.

9- Dubuy, H. G.and Nuernbergk, E. (1934) : Phototropismus und Wachstumder Pflanzen. Erg. Biol. 10: 207-322.

10- Detmer, W.(1909) : Das kleine physiologische Praktikum. Jena: G. Fischer.

11- Haberlandt, G. (1906) : Sinnesorgane im Pflanzenreich. Leipzig:Verlag von W. Engelmann.

12- Haberlandt,G.. Physiologische Pflanzenanatomie. Leipzig: W. Engelmann, 1924.

13- Haupt, W.(1977): Bewegungsphysiologie der Pflanzen. Stuttgart: G. Thieme Verlag.

14- Hejnowicz, Z. and Sievers, A. (1981) : Regulation of the position of statoliths in *Chara* rhizoids. Protoplasma. 108: 117-137.

15- Leopold, C. A.(1955): Auxins and plant growth. Berkeley, Los Angeles: Univ. Calif. Press .

16- Lorcher, L.(1958): Die Wirkung verschiedener Lichtqualitäten auf die endogene Tagesrhythmik von Phaseolus. Z. Bot. 46: 209-242 .

17- Outlaw, W. H.(1983) : Current concepts on the role of potassium in stomatal movements. Physiol. Plant. 59: 302-311.

18- Overbeck, F.(1926): Turgeszenz-Schleuderbewegungen zur Verbreitung von Samen und Früchten. Naturwissenschaften. 14: 969-976 .

19- RaschkeA, K.(1975): Stomatal action. Ann. Rev. Plant Physiol. 26: 309-340.

20- Sachs, J.(1887): Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. Leipzig: Verlag von Wilhelm Engelmann.

21- Schweiger, H. G.(,1982): Interrelationship between chloroplasts and the nucleo-cytosol compartment in Acetabularia. in: "Nucleic acids and proteins in plants II" (P. PARTHIER, D. BOULTER [eds.]), S. 645-662, Berlin-Heidelberg-New York: Springer Verlag (Enzyclop. Plant Physiol. 14b).

22- Sievers, A. and Schroter, K.(1971):Versuch einer Kausalanalyse der geotropischen Reaktionskette im Chara-Rhizoid. Planta (Berl.) 96: 339-353 .

23- Stubbs, J. M. and Slabas, A. R. (1982) : Ultrastructural and biochemical characterization of the epidermal hairs of the seeds of Cuphea procumbens. Planta (Berl.) 155, 392-399

24- Verset, J. M. and Pilet, P. E.(1986): Distribution of growth and proton efllux in gravireactive roots of maize (*Zea mays* L.). Planta (Ber.). 167: 26-29.



الفصل الحادى عشر

البذرة والانبات

Seed and Seed Germination

مقدمة :

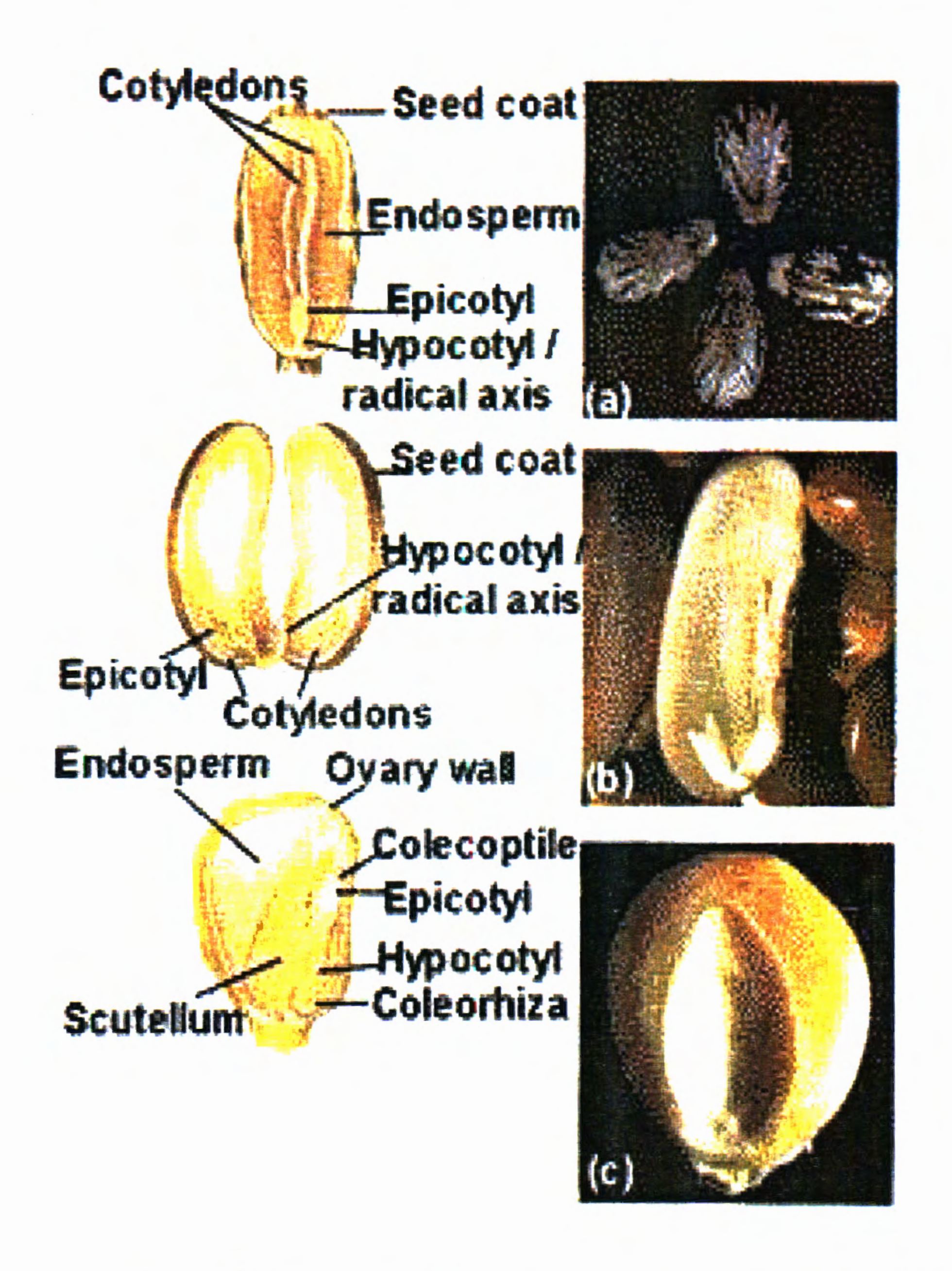
يبدأ تكوين البذرة بعد تمام عملية الاخصاب وبعد تكوين الزيجوت يبدأ نمو البذرة وتكوين أجزاؤها المختلفة ثم تبدأ فى تخزين المواد الغذائية حتى اكتمال نموها· وإذا استمر تكوين البذور وتخزين المواد الغذائية بها دون عائق تكونت بذوراً ممتلئة·

تتكون البذرة من الأجزاء الآتية:

١- الجنين: يعتبر الجنين المنشأ لنبات جديد ويتكون غالباً نتيجة لاتحاد الجاميطة المؤنثة مع المذكرة وقد تحتوى البذرة على أكثر من جنين واحد ويتركب الجنين من السويقة الجنينية السفلى، الفلقات، السويقة الجنينية العليا والريشة والجذير·

٢- الأنسجة المختزنة: تخزن البذور الغذاء اما فى الفلقات أو فى الاندروسبرم أو البرسبرم وتسمى البذور الأندوسبرمية albuminous أما الغير اندوسبرمية فتسمى exalbumenous وفى هذه الحالة يخزن الغذاء اما داخل الفلقات أو أحيانا فى البرسبرم الذى ينشأ من النيوسيلة·

٣ - الأغلفة البذرية: تتكون من أغلفة البذرة أو بقايا النيوسيلة والأندوسبرم ويتكون غلاف البذرة (القصرة Testa) من أغلفة البويضة وهى تتكون من غلاف أو اثنين عادة وغالبا ما يتصلب الغلاف الخارجى ويصبح ذو لون غامق فى حين يظل الغلاف الداخلى شفاف رقيق وتبقى النيوسيلة والأندوسبرم داخل الغلاف الداخلى مكونة فى بعض الحالات طبقة واضحة حول الجنين·



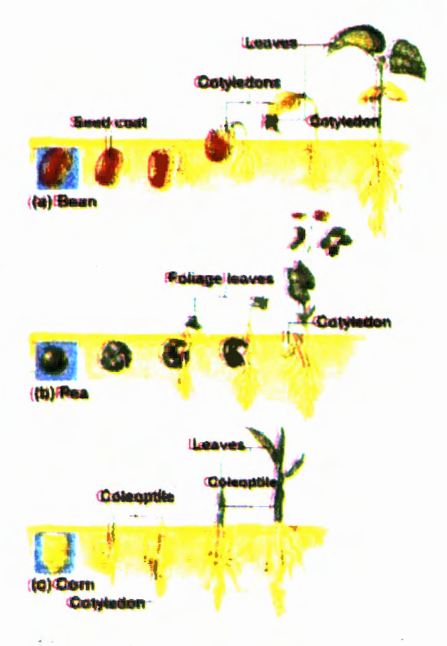
(الشكل٢٢) يوضح مكونات البذرة ببذرة الخروع (A) ، بذرة الفاصوليا (B) ، حبة الذرة (C) .

أنواع البذور:

تقسم البذور عادة إلى قسمين من ناحية التركيب التشريحى:

أ- بذور وحيدة الأجنة: وهى التى عندما تنمو تعطى نبات واحد.

ب- بذور عديدة الأجنة: وهى التى تعطى عند إنباتها عدة بادرات إحداها ناتجة من الجنين الجنسى أما النموات الباقية فتنتج خضرياً مــن نــسيج النيوســيلة وتكون متشابه وراثيا تماما لأنسجة الأم لذا يمكن اعتبار هذه النباتات خضرية التكاثر ولو أنها ناتجة من البذور وتعتبر المانجو والموالح من أشهر الأمثلــة لهذه البذور عديدة الأجنة.



التكاثر البذرى :

هو إنتاج فرد أو نبات جديد عن طريق جنين البذرة الجنسى والناتج عن عمليتى التلقيح والإخصاب. وتستخدم البذرة كوسيلة إكثار أساسية . ولكــن بالنــسبة لأشــجار الفاكهة فإنه قد لا ينصح بإتباع التكاثر الجنسي حيث أن معظم أشجار الفاكهة خلطيــة التلقيح مما يعنىأنها خليط وراثيا أي تختلف وراثيا فيما بينها، حيث أنه عند تكــوين

حبوب اللقاح والبويضات من خلال الانقسام الاختزالى يحدث الانعزالات الوراثية والعبور والكيازما ومن ثم تختلف الجاميطات الناتجة عن بعضها فى التركيب الوراثى والذى يؤدى إلى إنتاج نسل يختلف كل فرد فيه عن الآخر، أوغير متماثلة ·

إنبات البذرة: Seed germination

هو مقدرة البذرة على إعطاء بادرة واستئناف نمو الجنين بعد توقفه عن النمو أو سكونه مؤقتا لحين تهيئ الظروف الملائمة للإنبات وتشمل عملية الإنبات عمليات طبيعية ، وكيميائية فسيولوجية حيوية ·

العمليات الطبيعية للإنبات : تبدأ العمليات الطبيعية بامتصاص الماء Imbibition وهى عملية طبيعية تحدث سواء للبذور سواء كانت حية ام ميتة فتنتفخ الخلايا ويصبح السيتوبلازم اكثر مائية Hydrated وتطرى أغطية البذرة وتصبح أكثر نفاذية للغازات وينتج عن التشرب انطلاق حرارة ·

العمليات البيوكيميائية للإنبات : تشمل العمليات الكيميائية للإنبات التنفس وزيادة حجم الخلايا وتنشيط الأنزيمات وتكوين أنزيمات جديدة وهى التى تقوم بهضم الغذاء المخزون فى مناطق تخزين الغذاء Stored food digestion بتحويل النشا الى سكريات والليبيدات الى الأحماض الدهنية والجليسرول والبروتينات الى أحماض أمينية والفيتين الى أيونات فوسفات وبذلك يسهل نقلها الى المرستيمات ·

يتطلب إنبات البذرة توافر ثلاثة عوامل رئيسية هامة وهى:

- **يجب أن تكون البذور حية ، بمعنى أن يكون الجنين حى وله القدرة على الانبات·**
- **عدم وجود البذرة فى حالة السكون وأن يكون الجنين قد مر بمجموعة تغيرات مابعد النضج، وليس هناك موانع كيميائية أو فسيولوجية تعيق عملية الانبات·**

* . توافر الظروف البيئية الضرورية للانبات ومنهـا المـاء ودرجـة الحـرارة والأوكسجين وأحياناً الضوء·

مراحل الانبات : Stages of germination

يمكن تقسيم عملية الانبات إلى عدة مراحل منفصلة، وذلك بغرض تفهم كل مرحلة منها على حدة، إلا أنها فى حقيقة الأمر مراحل متداخلة مع بعضها، وهذه المراحل هى:

أ- **المرحلة الأولى** : (مرحلة امتصاص الماء): وفيها تقوم المواد الغروية فى البذور الجافة بامتصاص الماء مما يزيد من المحتوى الرطوبى للبذور، ويعقب ذلك إنتفاخ البذور وزيادة أحجامها وقد يصاحب هذا الانتفاخ تمزق أغلفة البذرة· وتجدر الملاحظة هنا أن عملية إمتصاص الماء وإنتفاخ البذرة يمكن أن تحدث حتى مع البذور الغير حية· وعقب إمتصاص الماء وإنتفاخ البذور يبدأ نشاط الأنزيمات التى تكونت أثناء تكوين الجنين، وكذلك تخليق بعض الأنزيمات الجديدة· كما تنشط بعض المركبات الكيميائية الخاصة بإنتاج الطاقة اللازمة لعملية الانبات مثل (ATP) أو الأدينوزين ثلاثى الفوسفات·

وفى نهاية هذه المرحلة يمكن مشاهدة أولى مظاهر الانبات والتى تتمثل فى ظهور الجذير والذى يظهر كنتيجة لاستطالة الخلايا أكثر من كونه نتيجة للانقسام الخلوى· وعادة ما يظهر الجذير من البذور الغير ساكنة خلال عدة ساعات أو أيام من الزراعة وبظهوره تنتهى المرحلة الأولى·

ب- **المرحلة الثانية** : (مرحلة هضم المواد الغذائية): ويحدث فى هذه المرحلة تحول المواد الغذائية المعقدة مثل الكربوهيدرات والدهون والبروتينات المخزنة فى الأندوسبيرم أو الفلقات الى مواد بسيطة والتى تنتقل إلى نقط النمو الموجودة بمحور الجنين، والتى يسهل على الجنين تمثيلها·

جـ- المرحلة الثالثة (مرحلة النمو): وفى هذه المرحلة يحدث نمو البادرة الصغيرة كنتيجة لإستمرار الإنقسام الخلوى الذى يحدث فى نقط النمو المختلفة والموجودة على محور الجنين. وبتقدم مراحل النمو تأخذ البادرة الشكل الخاص بها.

ويتكون الجنين من المحور الذى يحمل واحدة أو أكثر من الأوراق الفلقية، والجذير الذى يظهر من قاعدة محور الجنين، بينما تظهر الريشة من الناحية العلوية لمحور الجنين فوق الأوراق الفلقية. ويقسم ساق البادرة إلى السويقة الجنينية العليا والتى توجد أعلى الفلقات، والسويقة الجنينية السفلى التى توجد أسفل الفلقات.

ويأخذ إنبات البذور صورتين مختلفتين هما:

(أ) الإنبات الهوائى: وفيه تنمو السويقة الجنينية السفلى إلى أعلى، حاملة الفلقات لتظهر فوق سطح التربة، كما فى حالة إنبات بذور الفاصوليا.

(ب) الانبات الأرضى: وفى هذه الحالة تنمو السويقة الجنينية السفلى إلا أنهـا لا تتمدد بالقدر الذى يسمح برفع الفلقات فوق سطح التربة ولكن الذى يظهر فوق سطح التربة هى السويقة الجنينية اعليا، كما هو الحال عند إنبات بذور الفول.

سكون البذرة Seed Dormancy :

لقد حبا الله البذرة القدرة على تأخير أو تأجيل إنباتها حتى يتهيأ لها الوقت الملائم والظروف البيئية المثلى، وذلك لضمان بقاء الأنواع النباتية جيلاً بعد آخر. هذه الميكانيكية خاصة بالنسبة للأنواع النباتية للتى تتواجد بالمناطق الصحراوية أو المناطق الباردة، حيث تكون الظروف غير ملائمة لإنبات البذور عقب نضجها أو جمعها مباشرة. وقبل تناول هذا الموضوع يجب أن نفرق بين سكون البذرة الناتج عن عدم توافر الظروف الضرورية للإنبات وهذا ما يطلق عليه Quiescence وبين السكون الحقيقى True dormancy والذى يمكن تعريفه بأنه عدم قدرة البذور الحية على

لانبات حتى مع توافر الظروف المثلى والملائمة لذلك، أى يرجع هذا النوع من لسكون إلى عوامل داخلية خاصة بالبذرة نفسها. وهناك نوعين من السكون هما:

أ - السكون الأولى: Primary dormancy

وعادة ما يحدث هذا النوع من السكون بالبذرة أثناء نضجها على النبات.

ب - السكون الثانوى: Secondary dormancy

وهذا النوع من السكون يحدث للبذرة بعد جمعها وفصلها عن النبات الأم. ويحدث هذا السكون نتيجة لتأثير واحد أو أكثر من العوامل البيئية.

ولا: السكون الأولى: Primary dormancy

وهو أكثر أنواع السكون شيوعاً. ويحدث السكون الأولى نتيجة لعدد من العوامل لطبيعية والفسيولوجية، وهذه العوامل يمكن إجمالها فيما يلى:

١- السكون الراجع إلى أغلفة البذرة :Seed coat dormancy وفى هذه الحالة يقوم غلاف البذرة بالدور الهام فى عدم إنباتها وقد يرجع ذلك إلى:

أ- السكون الطبيعى: Physical dormancy

ويتمثل فى وجود غلاف البذرة الصلب والذى لايسمح بنفاذية الماء، والسكون هنا لايرجع إلى سكون الجنين، وهذه الظاهرة توجد فى بذور كثير من العائلات النباتية مثل العائلة البقولية والعائلة النجيلية والباذنجانية وغيرها وكثير من النباتات الخشبية.

ب- السكون الميكانيكى: Mechanical dormancy

يتمثل فى وجود الأغلفة الصلبة التى تمنع تمدد الجنين خلال عملية الانبات. ولاشك أن وجود هذا العامل يؤخر من إنبات البذرة. وتوجد هذه الحالة فى كثير من لأنواع النباتية مثل الجوز والفواكه ذات النواة الحجرية (خوخ، مشمش.. الخ). ولقد وحظ أن الغلاف الصلب (الأندوكارب) المحيط ببذور الخوخ يقلل من معدل إمتصاص

الماء ومن ثم يؤخر من التخلص من المواد المثبطة للانبات والموجودة فى أنسجة البذرة.

جـ - السكون الكيميائى (المواد المثبطة للانبات): Chemical dormancy

ويرجع سكون البذرة فى هذه الحالة إلى وجود مواد كيميائية يطلق عليها مثبطات الانبات توجد فى أنسجة الثمرة وأغلفة البذرة. ولقد لوحظ أن عصير مثل هذه الثمار يثبط إنبات البذور بشدة. وتوجد هذه الظاهرة فى كثير من الأنواع النباتية مثل الموالح (الحمضيات) والقرعيات، والثمار ذات النواة الحجرية والتفاح والكمثرى والعنب والطماطم. ومن أمثلة المواد المثبطة للانبات بعض المركبات الفينولية والكومارين Coumarin وحمض الأبسيسك Abscisic acid وتجدر الملاحظة أن هذه المواد المثبطة يمكن أن تتواجد بالقرب من أجنة بذوربعض الأنواع النباتية الأخرى مثل Atriplex والرجلة.

د - الأغلفة غير المنفذة للغازات Impermeability of seed coats to gases:

على الرغم من أن الماء والأوكسجين يتكونا من جزئيات صغيرة، إلا أن أغلفة البذرة تتميز بوجود ظاهرة الاختيارية بالنسبة لنفاذية هذه الجزئيات من خلالها، فهى تسمح بمرور جزيئات الماء بينما تمنع مرور جزيئات الأوكسجين الضرورى لعملية الانبات. وظاهرة النفاذية الاختيارية توجد فى بذور بعض النباتات مثل الشبيط والتفاح والبسلة. وتجدر ملاحظة أن إنخفاض معدل نفاذية الأوكسجين أو زيادته من خلال أغلفة البذرة يرتبط ببعض العوامل الأخرى. فقد لوحظ أن أغلفة بذور التفاح لم تسمح بنفاذ الأكسجين فى حين حدث إمتصاص البذرة للماء وإنتفاخها على درجة حرارة ٢٠° م، بينما يزداد معدل نفاذية الأغلفة للأكسجين عندما تكون درحة حرارة الوسط الذى تم فيه إمتصاص البذرة للماء ٤°م.

كما أن هناك بعض البذور تختلف درجة نفاذيتها لغازى الأوكسجين وثانى أكسيد

لكربون. فقد وجد Brown 1940 أن الغلاف النيوسيلى الداخلى لبذرة الخيار يسمح بنفاذية أكبر لغاز ثانى أكسيد الكربون (١٥،٥مل/سم٢/ ساعة) عن غاز الأوكسجين (٤،٠٣مل/سم٢/ ساعة) . .

٢- السكون المورفولوجى: Morphological dormancy

ويوجد هذا النوع من السكون فى بعض العائلات النباتية التى تتصف بذورها بعدم إكتمال نمو الأجنة وقت جمع البذور، ومن ثم يلزم إستكمال نمو هذه الأجنة عقب فصل البذور وجمعها وقبل الإنبات.

وقد يرجع السكون فى هذه الحالة إلى وجود الحالات التالية:

أ- الأجنة الأثرية :

الأجنة الأثرية عبارة عن أجنة غير متكشفة وقت نضج الثمار. فهناك بعض البذور تحتوى على أجنة غير متكشفة وعادة ما تكون هذه الأجنة صغيرة جداً ومطمورة بين الأنسجة المغذية كالأندوسبيرم كما هو الحال فى بذور المانوليا Magnolia وبذور كثير من الزهور وأبصال الزينة مثل الأنيمون Enemone وشقائق النعمان Ranunculus والأوركيد.Orchid .

وبالاضافة لوجود الأجنة الأثرية فقد توجد أيضاً مواد مانعة للانبات فى الأندوسبيرم المحيط بهذه الأجنة. ويمكن إجراء بعض المعاملات التى من شأنها أن تدفع الجنين على النمو مثل تعريض البذور لدرجة حرارة ١٥°م أو أقل، وتعريض البذور لدرجات حرارة مختلفة (مرتفعة أو منخفضة) فى تتابع، أو معاملة البذور ببعض المواد الكيميائية مثل نترات البوتاسيوم أو حمض الجبرلليك.

ب- الأجنة غير مكتملة النمو :

في بعض الحالات تحتوى البذور على أجنة غير مكتملة النمو بحيث نجد أن الجنين لا يشغل سوى نصف فراغ البذرة وذلك عند نضج الثمار ومن ثم لابد أن ينمو الجنين ليشغل هذا الفراغ قبل الإنبات. وتوجد هذه الحالة فى بعض نباتات العائلة الخيمية Umbelliferae مثل الجزر وبعض نباتات العائلة Ericaceae مثل الأزاليا Rhodidendron. وهناك عدد من الأنواع النباتية وخاصة وحيدة الفلقة منها والتى تنمو فى المناطق الإستوائية توجد ببذورها مثل هذه الظاهرة. أى تحتوى بذورها على أجنة غير مكتملة النمو، ويمكن المساعدة فى إكتمال نمو الجنين وتمددة وذلك بتعريض البذور لدرجات حرارة مرتفعة حتى يحدث الإنبات. فعلى سبيل المثال نجد أن بذور بعض الأنواع المختلفة من النخيل تحتاج إلى فترة طويلة قد تصل إلى عدة سنوات حتى يحدث بها الانبات، ولكن يمكن إختصار هذه المدة إلى ثلاثة أشهر فقط وذلك بتعريض البذور لدرجة حرارة تتراوح مابين ٣٨- ٤٠ْم، أو يمكن أن يحدث الانبات خلال ٢٤ ساعة وذلك بفصل الأجنة وزراعتها على بيئات ملائمة. ويمكن معاملة البذور بحمض الجبرلليك بتركيز ١٠٠٠جزء فى المليون وهذه المعاملة تسرع من إنبات بذور النخيل، غير أن أغلفة البذرة تحتاج إلى معاملات خاصة لضمان دخول وتغلغل حمض الجبرلليك.

٣- السكون الفسيولوجى: Physiological dormancy

وهذا النوع من السكون يتحكم فيه عدة عوامل داخلية خاصة بأنسجة البذرة نفسها. فكثير من بذور النباتات العشبية التى تنمو بالمناطق المعتدلة تتميز بذورها بالسكون الفسيولوجى الذى يكون واضحاً عقب جمع البذور والذى يختفى تدريجياً خلال نقل وتداول البذور وتخزينها تخزيناً جافاً. وقد تمتد فترة السكون فى مثل هذه البذور من ١- ٦ أشهر.

وعندما تكون البذور ساكنة فسيولوجياً فإنها تحتاج لكى تنبت إلى عدة عوامل بيئية خاصة تختلف عن تلك العوامل المطلوبة للإنبات فى حالة عدم سكون البذرة. فبذور الأمرنتس الطازجة يمكنها أن تنبت فقط على درجات الحرارة المرتفعة (٣٠°م) فى حين أن بذور الخس يثبط إنباتها عند درجات حرارة أعلى من ٢٥°م. كما أن بذور بعض الأنواع النباتية تحتاج إلى الضوء حتى تستطيع الانبات مثل الخس، بينما بذور بعض الأنواع الأخرى تحتاج إلى فترات إظلام حتى يحدث الإنبات.

ويعتقد بأن السكون الفسيولوجى للبذرة وعلى وجه العموم ينظم بمدى التوازن بين كل من مثبطات ومنشطات النمو الداخلية. ويعزى السكون إلى وجود المواد المثبطة أو غياب المواد المنشطة للنمو، أو لمدى العلاقة بين الأثنين. ويتأثر مستوى هذه المواد سواء أكانت مثبطات أو منشطات بعدد من العوامل البيئية الخارجية مثل الضوء والحرارة. ولتوضيح العلاقة بين هذه المواد وكيفية تنظيمها لحدوث السكون من عدمه فقد إقترح Khan ١٩٧١ م أن هناك ثلاثة أنواع من الهرمونات النباتية تتحكم فى هذه الميكانيكية. النوع الأول وهو الجبريللين وله تأثير تنشيطى على الانبات. ولكى يحدث الانبات لابد من وجود الجبريللين، غير أنه فى وجود المواد المثبطة (النوع الثانى) يختفى التأثير التنشيطى للجبريلين أما النوع الثالث من الهرمونات فهو السيتوكينيين ويعمل على كسر السكون عن طريق منع المواد المثبطة من إظهار تأثيراتها، ومن ثم فإنه إذا وجدت المواد المثبطة فى حالة غير منشطة فإن السيتوكينين لا يصبح له أى دور فى كسر سكون البذرة حيث أن هذه هى وظيفة الجبريللين.

٤- سكون الجنين: Embryo dormancy

ويرجع سكون البذرة فى هذه الحالة إلى أن الجنين نفسه فى مرحلة سكون، والدليل على ذلك أنه إذا ما فصلت مثل هذه الأجنة لتنميتها على بيئات معقمة لا يمكن أن تنبت بحالة طبيعية. وهذه الظاهرة توجد فى بذور العديد من أنواع نباتات المناطق المعتدلة . ويلزم لكسر هذا النوع من السكون وتحرير الأجنة منه، أن تعرض البذور لدرجة حرارة منخفضة ورطوبة لفترة معينة من الزمن تحدث خلالها عدة تغيرات

تؤدى إلى الانبات وهذه التغيرات يطلق عليها تغيرات بعد النضج. وتعرض البذور لدرجات حرارة منخفضة ورطوبة مناسبة مع وجود التهوية الجيدة لفترة زمنية تطول أو تقصر حسب الأنواع. كل هذه الاحتياجات يمكن الابقاء بها عن طريق ما يطلق عليه الكمر البارد Cold stratification وفيه توضع البذور فى طبقات متبادلة مع طبقات من الرمل أو نشارة الخشب المنداه فى صوان أو صناديق، ثم تخزن فى الثلاجة على درجة حرارة منخفضة (٢-٧°م) لفترة زمنية تختلف بإختلاف الأنواع النباتية، ويحدث خلالها تغيرات ما بعد النضج.

وبذور الأنواع النباتية التى بها هذا النوع من السكون، تحتاج إلى برودة عالية لمدة تتراوح من ١-٤ أشهر لكى يحدث الانبات. علاوة على ذلك فإنه عند فصل أجنة هذه البذور وتنميتها على بيئات مغذية، فهى عادة لا تنبت بحالة طبيعية بل تظهر درجات مختلفة من أعراض السكون. فقد تتمدد الفلقات ويحضر لونها مع خروج جذير قصير وسميك، كما لايحدث نمو أو استطالة للسويقة الجنينية العليا. ويمكن إستخدام هذه المظاهر البسيطة للحكم إلى حد ما على مدى حيوية هذه البذور الساكنة.

ولكسر هذا النوع من السكون يجب توافر الظروف التالية:

١- إمتصاص البذرة للماء وإنتفاخها.

٢- تعريض البذور للبرودة (ليس من الضرورى أن تكون على درجة التجمد).

٣- التهوية الجيدة.

٤- الوقت الكافى.

ولحدوث تغيرات مابعد النضج، لابد للبذور من إمتصاص الماء، حيث لوحظ أن البذور ذات الأغلفة الصلبة (مثل الخوخ والمشمش... الخ) تمتص الماء ببطئ شديد مما يؤدى إلى زيادة الفترة اللازمة لحدوث التغيرات المطلوبة.

وخلال تعرض البذرة لدرجة الحرارة المنخفضة، نجد أن المحتوى الرطوبى لداخلى بالبذرة يظل ثابتاً تقريباً أو ربما يرتفع هذا المحتوى تدريجياً، ولكن بنهاية لسكون ومع بداية الانبات يبدأ الجنين فى إمتصاص الماء بسرعة. ويجب ملاحظة أن نقص المحتوى الرطوبى للبذور خلال عملية الكمر البارد يؤدى إلى حدوث آثار سيئة. بالجفاف قرب نهاية الكمر البارد يمكن أن يؤدى إلى الأضرار بالجنين. كذلك فإن جفاف البذور خلال عملية الكمر البارد يؤدى إلى إيقاف تغيرات ما بعد النضج، علاوة على أنه يؤدى إلى ما يسمى بالسكون الثانوى.

وتعتبر الحرارة من أهم العوامل التى تؤثر على معدل حدوث تغيرات ما بعد لنضج خلال فترة كمر البذور. وقد وجد أن أنسب درجات حرارة والتى يمكن عندها كسر السكون وحدوث التغيرات المختلفة تتراوح بين ٢ – ٥٧ْم. وقد تحدث درجات لحرارة الأقل أو الأعلى من هذا المدى نقصاً فى معدل تغيرات ما بعد النضج. وقد تؤدى درجات الحرارة المرتفعة إلى فشل الإنبات وحدوث السكون الثانوى. وقد وجد أن تعريض بذور التفاح لدرجة حرارة ١٧ْم يحدث عندها توازن بين العمليات المؤدية لى تغيرات بعد النضج وتلك المسئولة عن السكون الثانوى. وتسمى هذه الدرجة من لحرارة بحرارة التعويض Compensation temperature. وإستجابة بذور التفاح للانبات تختلف بإختلاف درجات الحرارة التى عرضت لها البذور، فعند درجات الحرارة المنخفضة كان إنبات البذور بطيئاً، ولكن نسبة الإنبات كانت مرتفعة، بينما عند درجات الحرارة المرتفعة زاد معدل الانبات غير أن نسبة الانبات إنخفضت، وهذا الانخفاض فى نسبة الانبات يزداد كلما إرتفعت درجة الحرارة.

ولابد من توافر التهوية الجيدة حول البذور أثناء عملية الكمر البارد إذ أن ذلك يؤدى إلى حدوث تغيرات ما بعد النضج بحالة طبيعية. ويختلف طول فترة بعد النضج بإختلاف الأنواع أو الأصناف التابعة لنفس النوع. وقد تمتد هذه الفترة من ١ – ٣ أشهر، إلا أنها قد تزداد إلى ٥ أو ٦ أشهر فى بعض الأنواع النباتية الأخرى.

٥ – سكون السويقة الجنينية العليا: Epicotyl dormancy

فى بعض الحالات نجد أن البذور تحتاج إلى عمليات كمر بارد منفصلة لكل من الجذير والسويقة الجنينية السفلى والسويقة الجنينية العليا.

ويمكن تقسيم الأنواع التى تقع تحت هذا القسم الى مجموعتين هما:

أ- بذور يمكن تنشيط إنباتها وذلك بتعريضها لوسط دافئ لفترة تختلف من ١-٣ أشهر، وهذه المعاملة تنشط نمو الجذير والسويقة الجنينية السفلى، وبعد ذلك تحتاج البذور للتعرض للبرودة لمدة تتراوح بين ١-٣ أشهر أيضاً حتى يمكن للسويقة الجنينية العليا أن تنمو بحالة طبيعية.

ب- وفى هذه المجموعة تحتاج البذور للكمر البارد لاحداث تغيرات بعد النضج فى الجنين، ثم يعقب ذلك تعريض البذور لفترة دفئ للسماح للجذير بالنمو ثم تعرض مرة ثانية لفترة برودة حتى ينشط النمو الخضرى. وفى الطبيعة نجد أن بذور مثل هذه الأنواع تحتاج إلى موسمى نمو كاملين حتى يكتمل إنباتها.

٦- وجود نوعين من السكون: Double dormancy

فى بعض الحالات يوجد بالبذرة أكثر من نوع واحد من السكون، فمثلاً فى بعض الحالات تتميز البذرة بالأغلفة الصلبة الغير منفذة للماء، هذا بالإضافة إلى سكون الجنين نفسه، ولتشجيع البذور على الانبات لابد من كسر كلا نوعى السكون. فيمكن معاملة أغلفة البذرة ببعض المعاملات التى تسمح للماء بالمرور من خلاله إلى الجنين، ثم تحدث تغيرات بعد النضج التى من شأنها كسر سكون الجنين. وأفضل طريقة للتخلص من سكون هذه البذور هو إجراء كمر دافئ لبضعة أشهر تنشط خلاله الأحياء الدقيقة لتحلل غلاف البذرة ثم يعقب ذلك كمر بارد.

وهذا النوع من السكون يوجد فى بذور الأنواع الشجرية والشجيرية والتى تنمو فى المناطق الباردة حيث تتميز بذورها بوجود الأغطية الصلبة. وفى الطبيعة تلعب العوامل البيئية دوراً هاماً فى كسر هذا السكون حيث أنه عند سقوط البذور على سطح

الأرض يحدث كسر للسكون الطبيعى (الناشئ عن أغلفة البذرة) حيث تحدث ليونة أو تطرية فى هذه الأغطية، ثم بتعرض البذور لبرد الشتاء تحدث تغيرات بعد النضج.

ثانيا : السكون الثانوى Secondary dormancy

هذا النوع من السكون يحدث للبذور عقب فصلها وجمعها من النبات الأم. وهنا يجب ملاحظة أن البذور فى هذه الحالة عقب جمعها لاتكون ساكنة ولكن نتيجة لتعرضها لبعض الظروف يمكن دفعها إلى دخول السكون.

ويمكن تحرير البذور من السكون الثانوى وذلك بتعريضها للبرودة وأحيانا للضوء وفى كثير من الحالات بمعاملة البذور بالهرمونات المنشطة للانبات خاصة حمض الجبرلليك Gibberellic acid. كذلك يمكن منع حدوث السكون الثانوى بتجفيف البذور وتخزينها تخزيناً جافاً.

ويلعب السكون الثانوى دوراً هاماً للمحافظة على الأنواع النباتية فى الطبيعة. فكما هو ملاحظ أن بذور نباتات الأنواع المنزرعة تحتفظ بحيويتها لمدة طويلة إذا كانت هذه البذور جافة ، كما أنها تفقد سكونها الأولى خلال فترات التخزين، ويمكن لمثل هذه البذور أن تنبت مباشرة عند غمرها بالماء.

المعاملات التى تؤدى إلى كسر سكون البذرة: Treatments to overcome seed dormancy :

هناك عدة معاملات تجرى على البذور قبل زراعتها وذلك لإخراجها من السكون وحتى تنبت بصورة طبيعية، وتعطى بادرات قوية النمو. بعض هذه المعاملات تجرى بغرض تطرية أو تليين غطاء البذرة حتى يسهل دخول الماء والغازات من خلاله، والبعض الأخر يجرى لكسر سكون الجنين نفسه أو لازالة المواد المثبطة للنمو والتى تمنع إنبات البذور. وفيما يلى وصفاً موجزاً لهذه المعاملات:

أ- الخدش الميكانيكى: Scarification Mechanical

ب- الغمر فى الماء الساخن: Scarification Hot Water

جـ- المعاملة بالأحماض: Acids Scarification

د- الكمر الدافى: Scariffication Warm Moist

هـ- المعاملة بالحرارة المرتفعة: Scarification High Temperature

و- جمع الثمار غير مكتملة النمو: Fruits Harvesting Immature

ز- الكمر البارد: Cold Stratification

ح- غسل البذور: Leaching

ط- إستخدام أكثر من معاملة: Treatments Combination of

ى- تعريض البذور لدرجات حرارة متبادلة: Altemation of Tempeature:

ك- تعريض البذور للضوء: Light Exposure

ل- الغمر فى محلول نترات البوتاسيوم Soaking in Potassium Nitrate solution

م- إستخدام الهرمونات وبعض الكيماويات المنشطة Hormones and /other Chemical Stimulants

توجد بعض الهرمونات والمركبات الكيماوية التى يمكن بإستخدامها كسر سكون بالبذرة وتشجيع إنباتها. ويعتبر حمض الجبريلليك أكثر إستخداماً فى هذا المجال. وحمض الجبريلليك يؤدى إلى كسر السكون الفسيولوجى بالبذرة وينشط إنباتها بشرط عدم سكون الجنين نفسه. وعادة ما تبلل بيئة إنبات البذور بتركيزات معينة من حمض الجبريلليك تتراوح بين ٥٠٠- ١٠٠٠جزء فى المليون؛ كما يستخدم السيتوكينين وهو أحد منظمات النمو بالطبيعية فى تنشيط إنبات البذور وذلك عن طريق إيقافه لنشاط مثبطات الإنبات التى تؤدى إلى سكون البذرة. ويعتبر الكينيتين من أكثر المركبات المستخدمة فى تنشيط إنبات البذور وكسر السكون الراجع إلى درجات الحرارة المرتفعة كما هو الحال فى بذور بعض الأنواع النباتية مثل بذور الخس. ولتحضير محلول من الكينتين تذاب أولا كمية صغيرة منه فى قليل من حمض الهيدوكلوريك ثم تخفف بالماء، وعادة ما تغمر البذور فى محلول تركيزه ١٠٠ جزء فى المليون لمدة ثلاث دقائق.

وفـــــــى بعـــض الأحيان يمكن إستخدام محلول ثيويوريا بتركيز ٠.٥- ٣% لكسر سكون البذور خاصة تلك التى لاتنبت جيداً فى الظلام التام أو على درجات الحرارة المرتفعة، أو تلك البذور التى تحتاج إلى معاملات الكمر البارد. وحيث أن الثيويوريا تعتبر من منشطات النمو، لذلك من المفضل غمر البذور فى محلولها لمدة لاتزيد عن ٢٤ ساعة ثم ترفع البذور وتغسل جيداً بالماء.

العوامل البيئية التى تؤثر على إنبات البذرة Environmental factors affecting seed germination:

سبق أن ذكرنا أن إنبات البذرة يتطلب توافر عدة عوامل منها وجود الظروف البيئية اللازمة لذلك مثل الماء والحرارة والهواء والضوء وغيرها. وفيما يلى موجزاً لدور كل عامل من العوامل البيئية على حدة:

أولا: الماء Water

يعتبر الماء من العوامل البيئية الأساسية اللازمة لحدوث الانبات. حيث أن النشاط الأنزيمى وعمليات هدم وبناء المواد الغذائية المختلفة تتطلب لاتمامها وسطاً مائياً. وكما هو معروف فإن إنبات البذرة يتحكم فيه بصفة أساسية محتواها المائى، فالبذرة عادة لا تنبت إذا كان محتواها الرطوبى أقل من ٤٠-٦٠% (على أساس الوزن الطازج). وعند زراعة البذور الجافة تقوم بإمتصاص الماء بسرعة فى بادئ الأمر حتى يحدث التشبع والانتفاخ، ثم يعقب ذلك إنخفاض فى معدل إمتصاص الماء والذى لايلبث أن يزداد بظهور الجذير وتمزق الغلاف. وقدرة البذرة على إمتصاص الماء تتوقف على عدة عوامل هامة منها نفاذية أغلفة البذرة للمء والماء المتاح بالوسط المحيط بالبذرة وأيضاً درجة حرارة الوسط أو البيئة ، فنجد أن إرتفاع درجة حرارة البيئة يزيد من معدل إمتصاص البذرة للماء. وبانبات البذرة وتكوين الجذير تبدأ البادرة الصغيرة فى الاعتماد على مجموعها الجذرى ومقدرته على تكوين شعيرات جذرية صغيرة أخرى تساهم فى إمتصاص الماء من الوسط المحيط وكمية الماء التى تمتصها البذرة خلال فترة الانتفاخ وحتى ظهور الجذير تعتبر من الأهمية بما كان حيث أنها يمكن أن تؤثر على كل من نسبة ومعدل إنبات البذور.

وتستطيع بذور كثير من الأنواع النباتية أن تنبت فى مدى من الرطوبة الأرضية يقع بين السعة الحقلية Field capacity (FC) ونقطة الذبول المستديمة Permanent wilting point (PWP) ومع ذلك فإن إنبات بذور بعض الأنواع بالنباتية الأخرى

مثل الخس والبنجر يتوقف عند مستويات الرطوبة المنخفضة بالتربة. ومثل هذه البذور تحتوى على مواد مثبطة للانبات يلزم للتخلص منها توافر رطوبة أرضية عالية.

وتجدر ملاحظة أن معدل ظهور البادرات الصغيرة يتأثر كثيراً بمحتوى الرطوبة الأرضية، حيث يقل إلى حد كبير مع إنخفاض الرطوبة فى الوسط المحيط بالبذور. ويمكن تسهيل إنبات البذور وذلك بغمرها فى الماء لعدة ساعات قبل الزراعة.

ثانيا: الحرارة Temperature

ربما تعتبر الحرارة من أهم العوامل البيئية التى تنظم عملية الانبات وتتحكم بـرجة كبيرة فى نمو الشتلة أو البادرة. وعموما فان للحرارة تأثير على نسبة ومعدل إنبات البذور. حيث أنه عند درجات الحرارة المنخفضة يقل معدل الانبات وبارتفاع درجة الحرارة يزيد هذا المعدل حتى يصل إلى المستوى الأمثل، ولكن بزيادة درجة الحرارة عن هذا الحد يقل معدل الانبات نتيجة للضرر الذى يحدث للبذرة. وعلى العكس من ذلك فإن نسبة الانبات ربما تظل ثابتة الى فترة محددة بارتفاع درجة الحرارة وحتى تصل هذه الدرجة إلى المستوى الأمثل وحتى يتوفر الوقت الذى يسمح بحدوث الانبات. وتقسم درجة الحرارة التى يحدث عندها الانبات إلى ثلاث درجات هى:

أ- درجة الحرارة الصغرى: وهى أقل درجة حرارة يحدث عندها الإنبات.

ب- درجة الحرارة المثلى: وهى درجة الحرارة التى يحدث عندها أكبر نسبة إنبات وأعلى معدل إنبات. وتتراوح درجة الحرارة المثلى للبذور الغير ساكنة لمعظم الأنواع النباتية بين ٢٥- ٣٠ ْم.

جـ- درجة الحرارة القصوى: وهى أعلى درجة حرارة يحدث عندها الانبات. وأى ارتفاع فى درجة الحرارة عن الدرجة القصوى ربما تضر البذور أو تدفعها إلى دخول السكون الثانوى.

وعموماً تختلف إحتياجات بذور الأنواع المختلفة لدرجات الحرارة التى تشجع إنباتها، ومن ثم يمكن تقسيم النباتات تبعاً لدرجة الحرارة اللازمة لانبات بذورها إلى:

أ- بذور تتحمل درجات الحرارة المنخفضة: يمكن لبذور كثير من الأنواع النباتية- وخاصة البرية منها- النامية فى المنطق المعتدلة من الانبات خلال نطاق حرارى واسع يتراوح مابين ٠٫٥ ْم (وفى بعض الأحيان قرب درجة التجمد) حتى حدود درجات الحرارة المميتة (٣٠- ٤٠ ْم) . وتشمل هذه المجموعة بذور كثير من النباتات منها على سبيل المثال بذور الخس والكرنب.

ب- بذور تحتاج إلى درجات حرارة منخفضة: وتحتاج بذور نباتات هذا القسم الى درجة حرارة منخفضة حتى تنبت. وغالباً ما يفشل الانبات إذا تعرضت البذور لدرجة حرارة أعلى من ٢٥ْم. وعدم قدرة البذور على الانبات فى ظروف درجات الحرارة المرتفعة ظاهرة شائعة الوجود فى البذور حديثة الحصاد لكثير من الأنواع النباتية. وتشمل هذه المجموعة بذور كثير من الأنواع النباتية مثل البصل والبرمبولا والدلفينيوم.

جـ- بذور تحتاج إلى درجات حرارة مرتفعة: تحتاج بذور عديد من الأنواع النباتية خاصة تلك التى تنمو فى المناطق الاستوائية وتحت الاستوائية الى درجة حرارة مرتفعة نسبياً حتى تستطيع الانبات، فأقل درجة حرارة يمكن أن يحدث عندها إنبات بذور الاسبرجس والطماطم هى ١ْم، فى حين أن درجة ١٥ ْم تعتبر أقل درجة تلزم لانبات بذور بعض المحاصيل الأخرى مثل الباذنجان والفلفل والفول... الخ.

د- بذور تحتاج إلى درجات حرارة متبادلة: تذبذب درجات الحرارة خلال الليل والنهار تعطى نتائج أفضل إذا ما قورنت بدرجات الحرارة الثابتة بالنسبة لانبات البذور ونمو البادرات. وبذور قليل من الأنواع النباتية لايمكن أن تنبت على

درجات الحرارة الثابتة، بل يلزم تعريض البذور لدرجات حرارة متبادلة بحيث يكون الفرق بين درجتى الحرارة التى تعرض لهما البذور لايقل عن ١٠°م.

ثالثا: التهوية Areation

كما هو معروف فان الهواء الجوى يحتوى على ثلاث غازات أساسية ضمن مكوناته وهى الأكسجين وثانى أكسيد الكربون والنيتروجين. ويمثل الأكسجين ٢٠% بينما يشكل ثانى أكسيد الكربون ٠.٠٠٣% أما غاز النيتروجين فيمثل مايقرب من ٨٠% من مكونات الهواء الجوى. ويعتبر الأكسجين ضرورى جداً لانبات بذور كثير من الأنواع النباتية. أما إذا ارتفع تركيز ثانى أكسيد الكربون عن ٠.٠٠٣% فى البيئة، فغالباً ما يثبط إنبات البذور. ومن ناحية أخرى فإن غاز النيتروجين ليس له تأثير على إنبات البذور بصفة عامة.

ويزداد معدل تنفس البذور زيادة كبيرة خلال الانبات، والتنفس عملية أساسية لاتمام عمليات الأكسدة اللازمة لنمو وتمدد الجنين ومن ثم فإن توافر الأكسجين بالبيئة يعد ضرورياً لحدوث الانبات الجيد. لذلك فإن أى نقص فى تركيز الأكسجين الموجود بالبيئة عن تركيزه فى الهواء الجوى يؤدى إلى إعاقة أو تثبيط إنبات بذور كثير من النبات.

ونقص الأكسجين اللازم للجنين خلال الانبات ينتج أساساً من ظروف ببيئة الانبات خاصة إذا كانت تلك البيئة مغمورة بالماء. أو قد يرجع نقص الأكسجين إلى عدم نفاذية أغلفة البذرة له، حيث أنه فى كثير من الحالات فإن أغلفة البذور لاتسمح بتبادل الغازات بين الجنين والهواء الخارجى. ويتأثر مستوى الأكسجين فى بيئة النمو بمقدار ذائبيته القليلة فى الماء وعمق الزراعة، حيث يقل تركيز الأكسجين بشدة كلما زاد عمق زراعة البذور.

أما بالنسبة لغاز ثانى أكسيد الكربون (ك أ٢) وهو يمثل ناتج عملية التنفس- فيتجمع ويزداد تركيزه خاصة فى البيئات سيئة التهوية، كما يزداد تركيزه بازدياد عمق الزراعة ومن ثم فإنه يعمل على تثبيط إنبات البذور.

رابعا: الضوء Light

يمكن للضوء أن يؤثر على إنبات البذور- وتختلف احتياجات بذور الأنواع النباتية المختلفة للضوء- فهناك بعض النباتات مثل نوع التين Strangling Fig (*Ficus aurea*) تحتاج بذورها إلى ضوء تام ومستمر حتى تنبت، وتفقد هذه البذور حيويتها خلال بضعة أسابيع إذا لم تعرض للضوء. كما يشجع الضوء إنبات بذور مجموعة أخرى من الأنواع النباتية تشمل كثير من أنواع الحشائش والخضر والزهور. وقد يثبط بالضوء من إنبات بذور بعض الأنواع النباتية الأخرى مثل البصل. وتستجيب بعض النباتات لطول النهار (الفترة الضوئية) فهناك بذور تحتاج إلى نهار طويل لكى تنبت مثل بذور البتولا ولكن يلزم أيضاً تعريض هذه البذور لفترة برودة معينة حتى تساعد على إنباتها، بينما يثبط النهار الطويل إنبات بذور بعض الأنواع الأخرى.

مراجع مختارة :

1- Abo-Hamed, S.A.; Younis M.E. and Aldesuquy H.S. (1987): Changes in endogenous gibberellins and auxins levels in developing wheat seedlings. Mansoura Univ. Conf. of Agric. Sci. on food deficiency overcoming through autonomous efforts in Egypt, 22nd June, 1987. Vol. 2. pp . 258 – 266.

2- Abo-Hamed, S.A.; Younis M.E. and Aldesuquy H.S. (1987): Changes in carbohydrates, α- amylase activity and respiration in developing wheat seedlings. Mansoura Univ. Conf. of Agric. Sci. on food deficiency overcoming through autonomous efforts in Egypt, 22nd June, 1987. Vol. 2. Pp. 276 -285.

3- Meyer, S. E.; Kitchen, S. G. and Carlson, S. L. (1995): Seed germination timing patterns in *Intermountain Penstemon*. American Journal of Botany. 82: 377–389.

4- Mogensen, S. H. A. C.; Allen, P. S. and Meyer, S. E. (2001): Prechill temperature and duration are important in determining seed quality for 12 wildflowers. Seed Technology. 23: 145–150.

5- Press, M. C. (1989): Autotrophy and heterotrophy in root hemiparasites. Trends in Ecology and Evolution. 4: 258–263.

6- Press, M. C. and Graves, J. D. (1995): Parasitic plants. London: Chapman and Hall.

7- Ballard, W. W. (1987): Sterile propagation of Cypripedium reginae from seeds. Amer. Orchid Soc. Bull. 56: 935-946.

8- Baskin, C. C. and Baskin, J. M. (1998): Seeds: Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. Academic Press, San Diego.

9-Baskin, C. C. and Baskin, J. M. (2003): When breaking seed dormancy is a problem try a move-along experiment. Native Plants J. 4: 17-21.

10–Baskin, J. M.; Baskin, C. C. and Li. X. (2000): Taxonomy, anatomy and evolution of physical dormancy in seeds. Plant Species Biol. 15: 139-152.

11–Culliney, J. L. and Koebele, B P. (1999): A native Hawaiian garden. University of Hawaii Press, Honolulu.

12–Ichihashi, S. (1989): Seed germination of *Ponerorchis graminifolia*. Lindleyana. 4: 161-163.

13- Abirached-Darmency, M.; Abdel-gawwad, M. R.; Conejero G.; Verdeil, J. L. and Thompson, R. (2005): In situ expression of two storage protein genes in relation to histo-differentiation at mid-embryogenesis in *Medicago truncatula* and *Pisum sativum* seeds. J. Exp. Bot. 56:2019–2028.

14–Benlloch, R.; Navarro, C.; Beltrán J. P. and Cañas L. A. (2003): Floral development of the model legume Medicago truncatula: ontogeny studies as a tool to better characterise homeotic mutations. Sex. Plant Reprod. 15:231–241.

15–Bewley, J. D. (1997): Seed germination and dormancy. Plant Cell. 9:1055-1066.

16- Boudet, J.; Buitink, J.; Hoekstra, F. A.; Rogniaux, H.; Larré, C.; Satour, P. and Leprince O. (2006): Comparative analysis of the heat stable proteome of radicles of *Medicago truncatula* seeds during germination identifies late embryogenesis abundant proteins associated with desiccation tolerance. Plant Physiol. 140:1418–1436.

17–Bouton, S.; Laure, V.; Lelièvre, E. and Limami, A. M. (2005): A gene encoding a protein with a proline-rich domain (MtPPRD1), revealed by suppressive subtractive hybridization (SSH), is specifically expressed in the *Medicago truncatula* embryo axis during germination J. Exp. Bot. 56:825–832.

18–Buitink, J.; Leger, J. J.; Guisle, I.; Vu, B. L.; Wuillème, S.; Lamirault, G., Le Bars, A.; Le Meur, N.; Becker A., Küster, H. And Leprince, O. (2006): Transcriptome profiling uncovers metabolic and regulatory processes occurring during the transition from desiccation sensitive to desiccation-tolerant stages in *Medicago truncatula* seeds. Plant J. 47:735–750.

19–Crawford, E. J.; Lake, A. W. H. and Boyce, K. G. (1989): Breeding annual *Medicago* species for semiarid conditions in Southern Australia. Adv. Agron. 42:399-437.

2o- Djemel, N.; Guedon, D.; Lechevalier, A.; Salon, C.; Miquel, M.; Prosperi, J. M.; Rochat, C. and Boutin J. P. (2005): Development and composition of the seeds of nine genotypes of the *Medicago truncatula* species complex. Plant Physiol. Biochem. 43:557–566.

21- Domoney, C.; Duc, G.; Ellis, N.; Ferrandiz, C.; Firnhaber, C.; Gallardo, K.; Hofer, J.; Kopka, J.; Küster, H.; Madueño, F.; Munier-Jolain, N. G.; Mayer K.; Thompson R.; Udvardi M. and Salon C. (2006): Genetic and genomic analysis of legume flowers and seeds. Curr. Op. Plant Biol. 9:133–141.

22–Faria, J. M. R.; Buitink J.; van Lammeren, A. A. M. and Hilhorst, H. W. M. (2005): Changes in DNA and microtubules during loss and re-establishment of desiccation tolerance in germinating *Medicago truncatula* seeds. J. Exp. Bot. 56:2119–2130.

23–Gallardo, K.; Kurt, C.; Thompson, R. and Ochatt, S. (2006): In vitro culture of immature *M. truncatula* grains under conditions permitting embryo development comparable to that observed in vivo. Plant Sci. 170:1052–1058.

24 – Gallardo, K.; Le Signor, C.; Vandekerckhove, J.; Thompson, R. D. and Burstin, J. (2003): Proteomics of *Medicago truncatula* seed development establishes the time

frame of diverse metabolic processes related to reserve accumulation. Plant Physiol. 133:664–682.

25–Gao, M.; Teplitski, M., Robinson, J. B. and Bauer, W. D. (2003): Production of substances by *Medicago truncatula* that affect bacterial quorum sensing. Mol. Plant-Microbe Interact. 16:827–834.

26–Globerson, D. (1978): Germination and dormancy breaking by ethephon in mature and immature seeds of *Medicago truncatula* (medic) and *Trifolium subterraneum* (clover). Austral. J. Agric. Res. 29:43-49.

27–Gubler, F.; Millar, A. A . and Jacobsen, J. V. (2005): Dormancy release, ABA and pre-harvest sprouting. Curr. Op. Plant Biol. 8:183–187.

28–Heggie, L. and Halliday, K. J. (2005): The highs and lows of plant life: temperature and light interactions in development. Int. J. Dev. Biol. 49:675-687.

29–Koornneef, M.; Bentsink L. and Hilhorst H. (2002): Seed dormancy and germination. Curr. Opin. Plant Biol. 5:33-36.

30–Moreau, D.; Salon, C. and Munier-Jolain, N. (2006): Using a standard framework for the phenotypic analysis of *Medicago truncatula*: an effective method for characterizing the plant material used for functional genomics approaches. Plant Cell Envir. 29:1087-1098.

31-Ochatt, S. J.; Sangwan, R. S.; Marget P.; Ndong, Y. A., Rancillac M. and Perney, P. (2002): New approaches towards the shortening of generation cycles for faster breeding of protein legumes. Plant Breed. 121:436–440.

32-Ricoult, C.; Echeverria, L. O.; Cliquet, J. B. and Limami, A. M. (2006): Characterization of alanine aminotransferase (AlaAT) multigene family and hypoxic response in young seedlings of

the model legume Medicago truncatula . J. Exp. Bot. 57:3079–3089.

33- Vegis, A. (1964): Dormancy in higher plants. Ann. Rev. Plant Physiol. 15:185- 224.

33- Wang, H. L. and Grusak, M. A. (2005): Structure and development of *Medicago truncatula* pod wall and seed coat. Ann. Bot. 95 : 737-47.

الفصل الثانى عشر

سكون البراعم (التوقف عن النمو المؤقت)

Bud Dormancy

مقدمة :

التشكل المورفولوجى للنبات كما سبق الاشارة انيه عملية مستمرة تبدأ بالانبات مرورا بالنمو الخضرى والجذرى ثم الزهرى والثمرى وتنتهى بالشيخوخة والموت. فأشجار الفاكهه المتساقطة الأوراق تنمو نموا خضريا عديد الحول أى أنها تتبع في نموها دورات سنوية تبدأ بتفتح البراعم في الربيع وتنتهي بسكون النبات وتساقط أوراقه ثم تعاود النمو في الربيع التالي وتستمر علي هذا المنوال لعدة سنوات.

ان الاشجار المتساقطات تتداخل فيها دورات النمو مع دورات التزهير سنويا ويعمل النبات دائماً على التوازن بين الهرمونات الزهرية وهرمونات النمو الخضرى حيث أن اختلال هذا التوازن يؤدى إلى الوصول إلى مرحلة الشيخوخة بسرعة وهى المرحلة النهائية من عمر الشجرة وفيها يقل النمو الخضرى والزهري والثمرى وقد ثبت أن حمض الأبسيسيك ABA يزداد فى هذه المرحلة كما وجد أن الأشجار المتساقطة المطعومة على اصول مقصره تصل الى هذه المرحلة في فترة اقصر من المطعومة على أصول منشطة ، كما إن الزراعة فى تربة غير ملائمة أو بيئة غير مناسبة وسوء عمليات الخدمة والتقليم وعدم التوافق بين الأصل والطعم يؤدى إلى سرعة الوصول إلى هذه المرحلة .

سكون البراعم فى النباتات المعمرة :

خلال دورة حياة النبات يتوقف النبات أحيانا عن النمو مؤقتا رغم نشاطه الأيضى الحيوى لكن بمعدلات دنيا لدرجة قد يصعب معها قياسها ، وقد أستخدم العلماء مصطلح السكون Dormancy لوصف توقف نمو البراعم على الأشجار أو توقف استئناف نمو الجنين وهو ما يعرف بالسكون. قد يكون توقف النمو المؤقت نتيجة الظروف البيئية الغير مواتية للنمو مثل ظروف الجفاف او لعدم الظروف الملائمة لنمو البراعم حيث أنها تحتاج الى ظروف خاصة من الضوء والحرارة خاصة للأشجار المتساقطة الأوراق والذى ينظم فيه السكون عن طريق التأقت الضوئى والحرارى

ولكن هناك فرق بين توقف النمو نتيجة عامل بيئى أو أكثر غير ملائم وبين التوقف عن النمو او السكون الناشئ عن عوامل داخلية Internal lim:tation وقد اتفق العلماء على أنه اذا كانت الظروف المؤدية الى ايقاف النمو ظروف خارجية فيطلق علي هذة الحالة الكمون Dormancy ، اما اذا كانت الظروف متعلقة بالعضو النباتى فيسمى ذلك فترة الراحة الداخلية Endogenus Rest Period .

يحدث الكمون على مستوى الجينات بأبطال مفعول بعضها ويؤثر فى ذلك فترات الاضاءة وبرودة الشتاء وبعض الهرمونات ، ويساعد فى فهم الكمون معرفة ميكنة التحكم الوراثى فى النمو والتطور ويعتبر سكون البذور والابصال والدرنات والحشرات من الاشكال المشابهة لكمون الاشجار ٠

ونظرا لأن معظم النباتات لا تستطيع البقاء على قيد الحياة تحت ظروف الشتاء الباردة فى حالة خضرية أو زهرية لذلك تلجأ عديد من النباتات الى الدخول براعمها وبذروها فى طور السكون مع بداية الشتاء البارد للمرور خلال الشتاء وبدون ضرر على حياة النبات ٠ وفى المناطق الجافة تنمو النباتات خلال فترات سقوط الامطار القصيرة نسبيا وتظل البذور ساكنة لا تنبت حتى يتهيأ لها فرصة جيدة للبقاء والحياة وذلك عند هطول الامطار بالقدر الكافى والسؤال كيف يمكر الله لها ؟ ذلك بأن يكون سبب سكون البذور لمثل تلك البذور هو وجود مواد كيميائية مانعة للانبات على سطوح تلك البذور وعند غسلها بماء المطر الوحير يزال سبب المنع فتنبت البذور لتجد التربة مبتلة بالقدر الكافى لنمو جذور البادرات وبسرعة حتى تصل الى مستوى الماء الأرضى فتتحمل بعد ذلك الجفاف اعتمادا على الماء الأرضى ، وسكون البذور قد يلائم الانسان ليتمكن من حصر البذور وتخزنها فترة ملائمة لحين استخدامها او لحين زراعتها مرة اخرى ٠

سكون البراعم فى النباتات العشبية :

يعتبر سكون براعم درنات البطاطس من الأمثلة الجيدة لسكون البراعم فى النباتات العشبية حيث أن الدرنات هى عبارة عن ساق أرضية متحورة متشحمة لحمية تحتوى على براعم فى أماكن يطلق عليها العيون وتكون البراعم ساكنة وهى ليست بسبب السيادة القمية لأن كل برعم يظل ساكنا حتى تتعرض الدرنات للتخزين الرطب على درجة ٢٠ ْم او التخزين الجاف على درجة ٣٥ ْم لينتهى السكون ٠ ويبدو هنا أن الحرارة المنخفضة ليس لها تأثير على السكون ٠

وقد درست عدة محثات على كسر سكون البراعم بدرنات البطاطس مثل ٢ كلورو ايثانول والثيويوريا والجبرلينات ، كما اقترح أن المعاملة باثيلين كلوروهيدرين تسبب كسر سكون الدرنات نتيجة اسراعها فى تمثيل الاحماض النووية ٠ وقدمت عدة اقتراحات فى تفسير دور كاسرات السكون لدرنات البطاطس ولكن على الارجح يبدو ان عمل معظم الكاسرات مثل ٢ كلورو ايثانول والجبرلينات يرجع الى منع او تثبيط الكابح الذى ينتجة الجين المنظم والذى من شأنه فتح الجينات التركيبية المسئولة على انتاج الانزيمات الخاصة بخروج البراعم من السكون وبداية نموها ٠

تتابع النمو ومراحل الكمون :

يتبع النمو والكمون مراحل حيث يتدرج النبات فى الدخول من مرحلة الى اخرى فلا تحدث الظاهر الفسيولوجية فجأة وفى حالة النمو والكمون تتبع تلك المراحل:

١- مرحلة النمو: The steady state condition of growth

فيها يزداد نمو الاشجار ويحدث استطالة وانقسام الخلايا للنموات الخضرية الحديثة وكذلك الاوراق ، ثم خروج النموات الزهرية وتكون الثمار واثنائها يحدث استطالة لسلاميات النموات الخضرية ونضجها وكذلك اكتمال نمو ونضج ثمارها ٠

٢ - مرحلة الحث على الدخول فى طور الراحة: Rest induction

هى المرحلة التى تقترب الأشجار من الدخول فى السكون فيقف النمو نسبيا كما يبطء تكوين السليولوز ويسرع تكوين الجنين ويتجمع النشا والدهون فى أنسجة التخزين وتنمو البراعم متخذه شكل القبة ، فى تلك المرحلة يتأثر النبات بقصر النهار فيتكون فيها بعض المواد الغير ثابتة فى الظلام فى الأوراق المسنة وتنتقل الى القمم المرستيمية فتؤدى الى ايقاف بنائها بأستعمال وميض من الضوء يقطع الظلام فيعمل بذلك عمل النهار الطويل فى استمرار النمو وقد اتضح أن ادراك الحث الضونى Perception of light stimulus يتم فى الأوراق فهى العضو المستقبل للحث الضونى فى تأثيرة على سكون البراعم . الا أنة وجد فى بعض النباتات أن غياب الأوراق لا يعيق تلك النباتات على ادراك التأقت الضونى وقد استقبل التاثير الضونى فيها الحراشيف البرعمية Bud scales وكان الفيتوكروم هو المستقبل الكيميائى الذى يقود الى انتاج الهرمونات المحثة للسكون ، فقد صاحب تعريض النباتات المتساقطة الأوراق للنهار القصير بشكل متوازى الزيادة فى معدلات المثبطات الهرمونية فى البراعم والاوراق مثل حمض الأبسيسيك وأن نمو البراعم لا يبدأ من جديد الا بعد هبوط مستواها مرة اخرى او التغلب عليها بأضافة هرمون مضاد مثل GA_3.

٣ - مرحلة السكون الحقيقى : Mid = Main = True Dormancy

وهى مرحلة السكون الحقيقية أو الرئيسية الغير رجعية وتصبح المواد المانعة للنمو فى حالة ثابتة ويكون النبات فى حالة عدم نشاط والامتصاص معدوم فى الجذور.

٤ - مرحلة ما بعد السكون العميق : Post dormancy

فيها يزداد تركيز منشطات النمو ويزداد معدل التنفس وتستقبل الأوراق الحرشفية التى تحيط بالبراعم تأثيرا منشطا للضوء لتبدأ البراعم فى التفتح فتخرج النموات الخضرية الحديثة والنموات الزهرية مع بداية الربيع وارتفاع درجة الحرارة وطول النهار وبذا يكون النبات خرج من طور السكون .

وعلى ذلك فالكمون يبدأ بمرحلة حث على الكمون فتحدث أولا تغيرات فسيولوجية غير مرئية على النبات تتعلق بعمليات الأيض حيث تتكون هرمونات أو تنشط هرمونات التى تساعد فى انتاج الأنزيمات المحللة للسليولوز والبكتينيز اللذان يعملان على تحلل الصفيحة الوسطى بمنطقة الانفصال عند قاعدة أعناق الأوراق وتنتقل المواد الغذائية وتهاجر العناصر من الأوراق الى الأجزاء المستديمة بالشجرة أى الى الجذوع والأفرع والجذور ، ثم تسقط الأوراق وتغلف الأوراق الحرشفية ذات الأوبار الصوفية البراعم وكأنها البستها المعاطف الواقية من برودة الشتاء القارصة والمتوقعة حينئذ تكون الأشجار قد تمت استعدادها لمواجهة الشتاء وقادرة على مقاومة البرد وتحملة وتظل كذلك حتى تستوفى احتياجاتها من الحرارة المنخفضة لتخرج تدريجيا من السكون.

سلوك أجزاء الشجرة المختلفة اثناء فترة الراحة :

تظهر هذه الحالة رئيسياً في البراعم. ويفترض Chandler أن المؤثر الذي يسبب هذه الحالة يبدأ ظهوره في الأجزاء القاعدية من الأفرع ثم ينتقل ببطء إلى أعلا القمم الميرستيمية الموجودة على تلك الأفرع ويسبب دخولها في طور الراحة.فقد لاحظ انتقال المؤثر من الفرع الذي لم يتعرض لاحتياجات البرودة اللازمة إلى الأقلام المطعومة عليه وسبب توقف نموها بالرغم من أن الأقلام كانت قد استوفت احتياجات البرودة اللازمة لإنهاء دور الراحة في براعمها قبل تطعيمها والجدير بالذكر أن دخول البراعم في طور راحتها لا يعني سكون جميع أجزاء النبات حيث أن الجذور و الثمار تستمر في نموها في أواخر الصيف عندما تكون البراعم قد دخلت راحتها. كما يجب ملاحظة أنه بينما تكون العلامات الظاهرية الدالة على حدوث النمو غير موجودة خلال دور الراحة إلا أن العمليات الحيوية الهامة الأخرى اللازمة لبقاء النبات تكون نشطة .

انواع السكون :

وقد قسم السكون إلى ثلاثة أنواع هي :

السكون الداخلي : **Endodormancy** هو حالة السكون التي تنشأ نتيجة لوجود مسبب للسكون داخل البرعم نفسه (العضو نفسه) وقد كان يشار إلى هذه الظاهرة فيما سبق بدور الراحة الشتوية·

السكون المتلازم : **Paradormancy** ينشأ هذا السكون في بعض الحالات نتيجة لإشارة تنشأ من عضو آخر وتأثر على البرعم المعني فيمكن اعتبار السيادة القمية والتي فيها يؤدي وجود برعم في طرف الفرع إلى عدم نمو البراعم الجانبية حالة من حالات السكون المتلازم كما أن السكون الناشئ من وجود الحراشيف حول البراعم سكون متلازم أيضاً ·

السكون البيني : **Ecodormancy** : ينشأ السكون البيني نتيجة لوجود ظروف بيئية محيطة بالنبات تمنع من نمو البراعم بالرغم من أن عدم وجود أى سكون داخلي فيها ، فنشاهد عدم نمو البراعم في التفاح و الكمثرى في أواخر الشتاء بعد انتهاء السكون الداخلي بها نتيجة من عدم توافر الكمية الملائمة من الحرارة اللازمة لتفتح البراعم ويعتبر في ذلك الوقت سكوناً بيئياً·

التميز بين دور الراحة وحالات السكون :

مما سبق يتضح بأن دور الراحة يتميز بما يلي :-

١- ظهوره فى براعم الأشجار المتساقطة فى فترة معينة غالبا ما تكون أثناء الخريف والشتاء·

٢- حدوثه لأسباب فسيولوجية داخلية تتحكم فى ظهورها العوامل الوراثية الخاصة بالنوع ·

٣- حدوثه بالرغم من توفر الظروف البيئية الملائمة للنمو وهذه العوامل قد تؤثرفى ميعاد حدوثه·

٤- وجوب تعرض براعم الأشجار المتساقطة الأوراق التى دخلت فى دور الحرارة للجو البارد أثناء الشتاء لفترة معينة تختلف حسب النوع والصنف وبعض العوامل الأخرى وذلك حتى يزول المسبب لحدوث هذه الحالة والذي يعتقد بأنه وجود مواد مانعة للنمو فى البراعم وبذا تكون البراعم مستعدة للخروج بحالة نشطة عند دفء الجو فى الربيع.

أما حالات السكون فهي غالبا ما تنشأ نتيجة لعدم ملائمة أحد العوامل البيئية المحيطة بالنبات كعوامل الجو و التربة ، ولو أنها قد ترجع إلى أسباب داخليه كما فى حالة السيادة القمية.

هذا وقد يتداخل حدوث دور الراحة مع حالات السكون فمثلا تكون براعم أشجار بعض الأنواع المتساقطة الأوراق فى المناطق الشمالية الباردة فى حالة سكون أثناء الصيف بعد تكونها بتأثير فعل الأوكسين من القمم الطرفية. هذا بينما تكون فى حالة عدم نشاط فى أواخر الصيف وخلال الخريف وجزء من الشتاء نتيجة لوجودها فى دور الراحة. وعادة ما تستوفى البراعم احتياجاتها من البرودة اللازمة لإنهاء دور راحتها قبل نهاية فصل الشتاء بوقت ما إلا أنها تبقى ساكنة لعدم توفر الظروف البيئية الملائمة وبذلك تنتقل البراعم من دور الراحة الى حالة سكون ناتجة عن تأثير برودة الجو التي تمنع استئناف النمو وتنتهي حالة السكون هذه وتتفتح البراعم عند دفء الجو فى الربيع.

كيفية تفاعل البيئة مع الجهاز الخلوى :

تتفاعل البيئية مع الجهاز الخلوى عن طريق صبغة الفيتوكروم Phytochrome فهى الميقاتى الذى يقيس طول الفترة الضوئية عن طريق صورتيه PF_R، P_R ففى نهاية موسم النمو وبداية الخريف حيث تنخفض درجة الحرارة ويقل طول النهار يستقبل هذا المؤثر صبغة الفيتوكروم ثم تنقل هذه المعلومات عن طريق هرمونات خاصة فتؤدى الى انتاج الانزيمات المحللة لتكون منطق الانفصال وعند نهاية طور السكون وبداية موسم النمو وعندما ترتفع درجة الحرارة ويطول النهار وعن طريق نفس الجهاز الذى يتحكم فى قياس طول فترة الاضاءة اليومية تتكون المواد المنشطة الهرمونية بنفس الكيفية والمستقبل هنا هى الاوراق الحرشفية فتخرج البراعم من السكون .

بداية السكون و استمراره :

يهمنا في هذا المجال السكون الداخلي في غالبية الأحوال والسكون المتلازم في البعض الآخر وقد أوضحنا في بداية هذا الفصل أن السكون الداخلي يبدأ في الحدوث عند الدرجة ١٨٠° من دورة النمو السنوية ويجدر بنا أن نعلم متى تحدث هذه الدرجة؟ وعموماً فان تاريخ حدوثها يختلف حسب الأنواع والأصناف والأصل المطعوم عليه الأشجار وهي تكون محصلة لعدد كبير من العوامل الجينية كما أن حالة نمو النبات و تساقط أوراقه ومستواه الغذائي قد يؤثر تأثيرا كبيرا في هذا الموعد. وقد أثبتت الدراسات أن هذا السكون الداخلي يحدث في أصناف التفاح التي تنجح في مصر مثل الآنا في منتصف ديسمبر في حين أن الأصناف التي لا تلائمها الظروف الجوية فانه يبدا في الحدوث في أوائل فبراير. وتختلف فترة السكون الداخلي في الطول وتبقى مستمرة ولا تنتهي إلا إذا ما توفرت عوامل أو حدث ما يؤدي إلى انتهاء مسبب السكون الداخلي في المتساقطات " توفر كمية مناسبة من لبرودة في الشتاء " حيث أن هذه البرودة تؤدي إلى حدوث تغيرات داخل البرعم سواء تغيرات فيزيائية مثل التغير في الماء الحر والماء المرتبط في البرعم أو تغيير في المواد الكيماوية الداخلية أو

زيادة منشطات النمو كالجبرللينات وقلة المثبطات مثل (حمض الأبسيسيك) أو النسبة بينهما أو نتيجة للتحول الغذائي للبرعم او نشاطه الإنزيمي مما يسمح بنموه.

أسباب حدوث دور الراحة في براعم الأشجار المتساقطة الأوراق :

أجريت الكثير من الأبحاث في محاولة لمعرفة سبب أو أسباب حدوث الراحة كما أعطيت الكثير من التفسيرات لحدوث هذه الحالة منها :-

اولا : التغيرات الكربوهيدراتية : ربط بعض العلماء أسباب الكمون بوجود تغيرات فى المواد الكربوهيدراتية فى أنسجة النبات حيث أنة فى فترة النمو يتراكم النشا وعند انخفاض درجة الحرارة يبدأ تحول النشا الى سكر فيتراكم فى الشتاء بقدر كافى لدفع النبات لبدء النمو والنشاط ويعمل على انهاء طور الراحة الداخلى . تم الاعتراض على تلك النظرية حيث أنه وجد أن أى نسيج لا يخلو من السكر تماما سواء كان فى فترة النمو أو فى السكون ولا يمكن منع دخول البراعم فى طور السكون بمعاملة القمم النامية بمعاملة تزيد من نسبة السكر الذائب .

ثانيا : تأثير الأوكسين الطبيعي : يربط الكثيرون بين حدوث دور الراحة وبين كمية الأوكسين الطبيعي في البراعم. فمن المعروف أن للأوكسين تأثير مزدوج على نمو البراعم فبينما تشجع التركيزات المنخفضة منه نمو البراعم ، تعمل زيادة تركيزه على وقف نموها. و إزاء ذلك اختلفت الآراء حول الدور الذي يلعبه الأوكسين الطبيعي في حدوث دور الراحة إلا أنها انحصرت في الاتجاهات التالية:-

أولاً : يعتقد البعض أن زيادة تركيز الأوكسين في البراعم هي السبب في حدوث دور الراحة كما يحدث في حالة السيادة القمية. فقد لوحظ ان زيادة تركيز الأوكسين الكلي Total Auxin (الحر والمرتبط) في براعم الكمثرى والتفاح أثناء دور الراحة و تناقصه قرب نهاية هذا الدور وبالعكس من ذلك توجد أدلة كثيرة تشير إلى خطأ الرأي السابق فقد ثبت أن البراعم لا تحتوي

أثناء دور الراحة إلا على كمية صغيرة جداً من الاوكسين الحر Diffusible or Free Auxin لا يمكنها أن تسبب منع النمو. و في حالات كثيرة لم تلاحظ زيادة الأوكسين القابل للانتشار في البراعم إلا قبيل تنبه البراعم بوقت قصير فقد لاحظ Skoog & Bennett سنة ١٩٣٨ عدم وجود الأوكسين القابل للانتشار في البراعم الساكنة لكل من الكريز والكمثرى. بتعرض البراعـم للبرد تتكون بها بادئات الأوكسين Auxin Precursor ، ثم يبدأ ظهور الأوكسين نفسه تدريجياً بعد ذلك ، و كان ظهوره مصحوباً بانتهاء دور الراحة . و تتفق هذه النتائج مع ما ذكره Bonner & Thimann سنة ١٩٣٨ من أن نمو البراعم يكون مصحوباً بزيادة كبيرة في كمية الأوكسين و أن زيادة البراعم في الحجم عند نموها ينتج عن كبر حجم الخلايا الذي يكون محكوما بتأثير الأوكسين.

ثانياً : فسرت الظاهرة على أن النباتات تتأثر بأنخاض درجة الحرارة عند بداية الشتاء ونهاية الخريف وكذلك تتأثر بقصر طول النهار فتتكون مواد معيقة للنمو فى الأوراق المسنة عى الاشجار تلك المواد تعمل على تضاد فعل منشطات النمو الهرمونية مثل الأوكسين والجبرلين ، او أنه خلال موسم النمو تتكون مثبطات النمو بكميات ضئيلة لكنها تتراكم الى أن تصل الى التركيز الفسيولوجى المؤثر واللازم لاحداث السكون وذلك فى نهاية موسم النمو ثم بتأثير برودة الشتاء تتكسر المواد المثبطة لتصل الى التركيز الأقل من التركيز الفسيولوجى وفى نفس الوقت تزداد لهرمونات المنشطة الدافعة للنبات على الخروج من السكون واستئناف النمو الخضرى والزهرى .

احتياجات البرودة للفواكه المتساقطة وأثرها فى تحديد مناطق زراعتها :

يحدد توفر أو عدم توفر احتياجات البرودة للأنواع المتساطقة الأوراق التى يمكن زراعة هذه الأنواع فيها بنجاح فتحتاج بعض أنواع الفواكه المتساقطة الأوراق مثل التفاح والكمثرى والكريز والخوخ والبرقوق الأوربى والجوز لفترة طويلة من الجو

البارد أثناء فصل الشتاء لإنها الراحة فى براعمها، ولذلك لا تجود زراعتها فى المناطق الواقعة بين خطى عرض ٣٣° شمالاً وجنوباً والتى تتميز بالشتاء الدافىء إلا إذا كانت المنطقة مرتفعة إرتفاعاً كافياً لتوفير احتياجات البرودة· فالمعروف أن كل ارتفاع مقداره ١٦٥م عن سطح البحر يعوض خطاً من خطوط العرض· كما أن كل ارتفاع قدره ١٠٠ متراً ينتج عنه انخفاض في درجة الحرارة مقداره درجة فهرنهيتية· هذا بينما تتميز بعض الأنواع كالعنب والتين والرومان بقلة احتياجاتها للبرودة شتاءاً بدرجة كبيرة مما ساعد على زراعتها بنجاح فى المناطق المعتدلة الدافئة والتحت استوائية·

كيف تتحمل النباتات برودة الشتاء ؟

وجد أن النباتات خوفا على النموات الخضرية الحديثة من برودة الشتاء فانها تدفعها للسكون حتى لا تخرج تلك النموات الرهيفة فتؤذى بالبرودة وكذلك تحمى النباتات براعما الساكنة بألباسها معاطفها الصوفية التى تكون على هيئة اوراق حرشفية وبرية ، ثم تسقط الأشجار ما تبقى عليها من نموات بتكوين منطقة انفصال عند قواعد الأوراق والأزهار والثمار المتبقية على الشجرة فى نهاية الخريف · عندئذ لا يبقى سوى الأجزاء الرئيسية من الشجرة والتى تقوم بحمايتها بأحداث عديد من التغيرات الأيضية التى من شأنها حماية الماء داخل هيكل النبات الاساسى وذلك بتحويل الماء داخلة الى ماء مرتبط والذى من خصائصة عدم تجمدة على درجةالصفر المئوى وبذلك تحمى الخلايا من تجمد مائها والحفاظ على اغشيتها من التمزق · وتلك هى أهم العمليات الايضية التى يحدثها النبات ليواجة بها برودة الشتاء·

ماذا يحدث لو زرع نبات ما فى منطقة لا يستوفى فيها احتياجاتة من البرودة ليخرج من طور الراحة ؟

- تأخير البراعم فى التفتح مما يعرضها لشدة الحرارة صيفا فيقل المحصول حتى اذا عقدت الثمار فأنها تتأخر فى النضج وتكون الثمار اقل جودة ،

* جفاف تدريجى للنبات حيث تقل كمية النموات الخضرية وقد تصاب الاشجار بلفحة الشمس او ضربة الشمس ·

* قد يؤدى عدم توفر Chilling requirement عدم نمو الأعضاء الزهرية (تكون أزهار ناقصة احد الأعضاء الأساسية) كما يحدث فى المشمش مما ينعكس على المحصول بالنقص ·

* التأخير فى الخروج من طور الراحة يتبعة تأخير فى الدخول فى طور الراحة فى العام التالى فينشأ عن ذلك خلل فسيولوجى ينتج عنة ضعف تدريجى يؤدى الى الموت·

* زيادة النفقات لاستعمال الكيماويات اللازمة للمساعدة على خروج البراعم(كاسرات السكون) من طور السكون مثل تعريض النباتات للأثير او الكلوروفورم او الأثيلين أو رش البراعم بالزيوت المعدنية مثل زيت الكتان ٢ – ٥ % او الرش GA بتركيز ١٠٠ – ١٠٠٠ جزء فى المليون او استعمال الثيويوريا او الدورمكس ····الخ ·

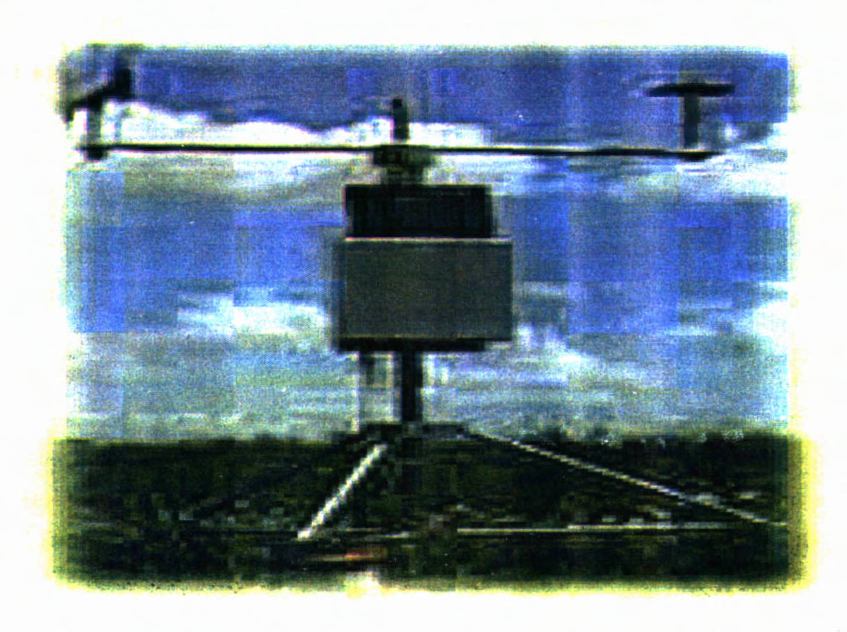
كسر السكون بالمعاملات الصناعية :

١ – استخدام المواد الكيميائية: عمل الكثير من الباحثين من بداية القرن فى محاولة التغلب على السكون الشتوي للأشجار المتساقطة فى المناطق الدافئة الشتاء والتى لا يتوفر فيها البرودة المطلوبة وذلك للمساعدة على إنهائه فى الموعد المناسب وانتظام تفتح البراعم فى الربيع وتقصير فترة التفتح وقد أدت كثير من هذه المعاملات على نجاح كبير فى الأصناف المتوسطة الاحتياج للبرودة·

أول ما استخدم فى هذا المجال هو رش الزيوت المعدنية بتركيزات تتراوح من ٢– ٤% فى الشتاء ثم استخدمت هذه الزيوت مخلوطة ببعض المركبات مثل مركبات الداينيترو (مثل زيت اليونيفيرسال والكفروسال ثم استخدمت مركبات الثيويوريا أو

نترات البوتاسيوم بتركيزات مختلفة ومركب الثيويوريا هو أحد مركبات اليوريا والذى يستخدم بتركيز حوالى ٠.٠٥ % فى حين أن مركب نترات البوتاسيوم فيستخدم بتركيز ١% وهو يعتبر من المواد المتفجرة والذى يستعمل باحتراس كما أنه يمكن استخدامها كمخلوط من مادتين بمفردها أو مع زيت معدني بتركيز ضئيل للحصول على نتائج طيبة فى بعض الحالات. استخدم فى الفترة الأخيرة فى غالبية البلدان الدافئة الشتاء مركبات جديدة من اهمها مادة سيناميد الهيدروجين "H_2CN_2" والذى يباع تجارياً تحت اسم (دورمكس) بنسبة تتراوح بين ٢- ٤ %. كما جرب أيضاً مادة Thidiazeron (الثايدوزرون) بتركيزات ضئيلة.

٢- إسقاط الأوراق صناعياً: لاتتساقط أوراق المتساقطات فى المناطق الدافئة غالباً بل يتأخر سقوطها حتى بداية الشتاء وقد وجد فى حالة الشتاء الدافئ جداً بقاء الكثير من الأوراق ملتصقاً بالأشجار حتى بداية الربيع. وقد أثبتت التجارب أن بقاء الأوراق على الأشجار يؤخر من بدأ السكون الداخلي للبراعم وبالتالي يؤجل نموها فى الربيع. وقد أجريت تجارب عديدة فى كثير من البلدان بإسقاط الأوراق صناعياً فى أواخر الخريف وقد ثبت أن الإسقاط اليدوي الصناعي ليس له تأثير على عملية السكون فى حين ان الإسقاط باستعمال المواد الكيميائية مثل سيناميد الهيدروجين (الدورمكس) او الإيثيفون أو مركبات النحاس أو اليوريا له تاثير فعال بدرجة كبيرة.



٣- تعطيش الأشجار : وجد من البحوث المبدئية والمشاهدات الحقلية أن إعطاء الأشجار حاجتها الكاملة من الماء فى الخريف والشتاء يؤخر من استغراق براعمها فى السكون الداخلى وينصح حالياً بمنع الرى فى الأراضى التى تروى بالغمر مبكراً أما التى تروى بالتنقيط فتعطى الحد الأدنى للماء الذى يبقى على حياة الأشجار خلال الخريف والشتاء.

٤- التقليم : سبق أن أوضحنا أن سكون الكثير من البراعم فى أصناف التفاحيات قليلة الاحتياج للبرودة هو سكون متلازم ينتج من وجود البراعم الطرفية على الأفرع. وإن إزالة البرعم الطرفى من الأفرع عمر سنه فى التفاح (Anna) يؤدى إلى كسر سكون البراعم التى تلية مباشرة إلا أنها لا تؤثر على البراعم التى تقع أسفل هذا البرعم لأنه يؤثر عليها نفس تأثير البرعم الطرفى وبذلك فالتقليم مفيد فى المساعدة على خروج البراعم من السكون .

تفتح البراعم Bud burst :

تبدأ البراعم فى التفتح فى بداية الربيع إذا انتهت حالة السكون بها وتوفرت لها الظروف الجوية اللازمة للنمو ومن أهم هذه الظروف هى توفر كمية كافية من الحرارة لتساعد على حدوث التفاعلات الكيماوية التى تؤدى إلى تكوين المواد اللازمة للنمو.

وتحسب كمية الحرارة بطرق مختلفة وأكثر الطرق استخداما الآن هى الطريقة التى تعرف بطريقة حساب درجات النمو بالساعة Degree Growing (GDH) Hours وعند استخدام هذه الطريقة تحدد درجة الحرارة التى يبدأ عندها النمو وتحدد غالباً فى التفاح مثلا بدرجة ٤،٤ °م ثم يتم الحصول على درجات الحرارة السائدة فى المنطقة كل ساعة خلال الفترة من انتهاء السكون الداخلى حتى تفتح البراعم ويقدر GDH طبقاً للمعادلة الأتية : GDH = مجموع (درجة حرارة الساعة – درجة بدء النمو).

وعموماً فكلما توفرت كمية الحرارة المطلوبة فى منطقة ما بسرعة.. كلما كان التفتح أكثر تبكيراً بشرط انتهاء السكون الداخلى ولذلك فإن الذى يحدد التبكير أو التاخير فى التزهير ليس السكون الداخلى وكمية الحرارة اللازمة للتفتح بمفردهما على ذلك فإن موعد بدء تفتح البراعم والتزهير يختلف من موسم لأخر طبقاً للظروف الجوية السائدة واختلاف الصنف ومدى احتياجاته للبرودة وتوفر الظروف الحرارية المناسبة.

بعض العوامل الأخرى التى تساعد على إنهاء السكون :

– الضوء : هناك عوامل أخرى تساعد على إنهاء السكون الداخلى منها الضوء حيث أن طول فترة النهار تؤثر على فترة السكون وقد ثبت أن البراعم تبدأ سكونها الداخلى عندما يقصر النهار كما أن زيادة طول النهار تساعد على كسر السكون فى الربيع.

- **الامطار**: تدل الأبحاث الحديثة على أن هطول الأمطار فى الشتاء يساعد على كسر السكون وقد ثبت ذلك من تجربة أجريت على الكمثرى البارتليت، تفاح استارك كريمسون ومن المحتمل أن ذلك يحدث نتيجة لإذابة مادة مانعة للنمو توجد داخل البراعم أو حراشيفها تذوب فى الماء.

- **الحرارة**: يعتبر انخفاض درجة الحرارة أثناء فصل الشتاء عاملاً أساسياً فى إنهاء دور الراحة فى براعم الأشجار المتساقطة الأوراق. وقد لوحظ أن تأثير درجات الحرارة المنخفضة يكون مقصوراً على الانسجة المعرضة للجو البارد فقط، فعندما وضعت شجرة Blueberry داخل صوبة مدفأة أثناء فصل الشتاء وعرض أحد فروعها للجو البارد خارج الصوبة نمت البراعم الموجودة على هذا الفرع فى أوائل الربيع بينما ظلت باقى براعم الشجرة ساكنة. هذا وقد ذكر العالم Chandler أن لارتفاع درجة الحرارة ارتفاعاً غير عادى إلى حوالى ١١٣ ف فى أواخر الصيف والخريف أثر فى إنهاء حالة الراحة. فقد لاحظ تزهير بعض أشجار التفاح فى أحد المزارع فى مدينة لوس أنجلوس بولاية كاليفورنيا بعد تعرضها لفترة من الجو الحار خلال الفترة الواقعة فى أوائل شهر سبتمبر ، خاصة فى الأصناف المعروفة باحتياجات البرودة القليلة.

- **التظليل**: ظهور الغيوم والضباب فى المنطقة تؤثر على درجة حرارة البراعم وبذلك فهى تؤثر على احتياجات البرودة اللازمة لإنهاء دور الراحة. فعادة ما تكون درجة حرارة البراعم فى المناطق ذات الشمس الساطعة أعلى نوعاً عن درجة حرارة الجو المحيط بها، بينما لا يوجد هناك فارق فى المناطق المظللة أو التى تكثر بها الغيوم والضباب. ولذلك يلاحظ عادة أن الأشجار الموجودة فى الأماكن الأخيرة كثيراً ما تستوفى احتياجاتها بدرجة أسرع نوعاً عن أشجار نفس الصنف المجاور لها والمعرضة لأشعة الشمس المباشرة.

- الرياح : تساعد الرياح على زيادة النتح من الأنسجة النباتية مما يكون له أثر فى خفض درجة حرارة البراعم وفى تقليل احتياجات البرودة اللازمة لها نوعاً.

- الليبيدات : أكتشف العلماء زيادة الأحماض الدهنية الغير مشبعة وذلك لزيادة نشاط لانزيمات Esterases وتغيرات فى الأغشية الخلوية بما تحتوية من ليبيدات تغير من نفاذيتها فتؤدى تلك التغيرات فى الأغشية الى اعادة توزيع الماء بين وداخل الخلايا مما يحافظ على انماء دون تجمد وهى من أساسيات تحمل البرودة .

- الكربوهيدرات : وجد أن توفر السكروز يكون حاميــا Protectant ضـــد فعــل التجمد المدمر لطبيعة البــروتين Denaturation بالاضـــافة الـــى دورة كمنظم اسموزى Osmoregulators ويسبب انحـر الجهد المائى ويعمــل على ربط الماء binding Water وهو الضرورى لتحمل البرودة . وقــد وجد ان البرودة تنشط أنزيم الأميليز المحلل للنشا وان هذا الأنزيم لا يعمل تحت درجات حرارة الصيف .

- الأحماض النووية : تزداد الاحماض النووية خلال عمليات التقسية خاصة RNA وهى خطوة اساسية فى ميكانيكية او آلية لحماية فقد اقترح Weiser & Li أن الزيادة فى الأحماض النووية ترجع الى التغيرات الأيضية الخاصة بالأنزيمات اللازمة لتخليق المكونات الجدارية والتى تعتبر ذات أهمية فى مقاومة درجات الحرارة المنخفضة .

- البروتينات : يبدو أن للبروتينات علاقة وثيقة بتحمل النبات للبرد وذلك من خلال الوظيفة المزدوجة للبروتين فهو يعمل كمنظم من خلال الأنزيمات ويعمل كواقى من خلال زيادة البروتينات الذائبة فى القلف الحى والذى يساعد على تحمل البرد كما أظهرت الدراسات زيادة النشاط الأنزيمى للأنزيمات المحللة للبروتين فى النباتات المقساة . ويظهر التخطيط التالى علاقة

الأنزيمات ونواتج التحليل الأيضى للمركبات وبين عملية مقاومة أو تحمل البرد ٠

حيث يتضح من التخطيط أن عملية التحفيز تتأتى عن طريق استقبال النباتات للتغيرات في الفترة الضوئية وانخفاض درجة الحرارة فيكونان عاملان مؤثران على النظام الجينى المعروف Gene on and off وتكوين mRNA ثم تخليق الجديد من البروتين الذى يكون منه الأنزيمات الهاضمة والتى منها المحلل للأوكسين الداخلى IAA والذى يؤدى تناقصة الى تناقص النمو الخضرى وتوقفة ثم يتراكم السكروز وتحدث التغيرات الاسموزية فيترتبط الماء وتتغير الاغشية وتؤدى كل تلك التغيرات الى زيادة قدرة النباتات على مقاومة وتحمل البرد ٠

تساقط الثمار Fruit drop " **منعه او لحد منه** " :

تتساقط الثمار البذرية فى فترات يقل فيها الامداد الأوكسينى من الأنسجة المختلفة المانحة للأوكسين بالبذرة فينخفض مستواه دون المستوى اللازم لاستمرار نموها ٠

فشل الازهار فى العقد : فشل الاجنة فى النمو يؤدى الى تساقطها ويزداد احتمال تساقط الثمرة كلما قل عدد البذور بها حيث يترتب علية انخفاض المحتوى الأوكسينى للثمرة وبالتالى انخفاض قدرتها على المنافسة للحصول على المواد والعناصر الغذائية اللازمة لنموها اذ أن الافراز الهرمونى يحدث مناطق جذب لهذه العناصر ٠
لذا فتساقط الثمار يكون اما بعد العقد أو قبل الجمع والأخير أهم لما يحدثة من خسائر وتلف لمحصول الثمار ٠

وقد وجد أن تلك الأوقات يكون مستوى الأثيلين مرتفع والذى يسبب ضعف وتكسر الصفيحة الوسطى فتحدث منطقة الأنفصال والذى يختلف مكانة بأختلاف النوع النباتى التابعة له الثمرة فتنفصل ثمرة البرقوق بجزء من العنق فى التساقط الأول أما

تساقط ما قبل الجمع فتنفصل بدون عنق أما الكريز فيحدث منطقة الانفصال أما بين عنق الثمرة وحامل الثمرات أو بين حامل الثمار والدابرة ·

ويفترض تكون منطقة الانفصال بنشاط أنزيمى هادم لمحتويات جدر الخلايا مثل المواد البكتينية والسليولوزية والسكريات العديدة غير السليولوزية ويحدث هجرة لعنصر الكالسيوم والمغنسيوم من جدر الخلايا فى تلك المنطقة قبل أو عند نهاية الطور المؤدى للانفصال ولا يشمل هذا التغير الحادث فى منطقة الانفصال الخلايا الخاصة بالحزم الوعائية مما يجعل الثمرة ملتصقة دون انفصال فترة حتى تتمزق هذه الحزم طبيعيا Physically ويختفى البكتين سواء المثيلى Methylated Pectins أو الكلى من خلايا الانفصال وتتلجنن الخلايا فىأنسجة الثمرة عند منطقة الانفصال ويستمر بتقدم ظاهرة الانفصال حتى التساقط ·

دور الأوكسين فى منع التساقط :

يمنع الأوكسين تكون وتخلق طبقات الانفصال ويرجع ذلك الى دورة فى منع تكوين الأنزيمات الهادمة للبكتين مثل Pectin methyl esterase وأيضا لدورة فى التدرج الأوكسينى Auxin gradient عند النهاية القمية للعنق Proximal end (اتصال العنق بالثمرة) وقد أفادت تلك المعلومات فى منع التساقط باستعمال الأوكسينات ·

استعمل Naphthalen acetamide بتركيز ١٥ – ٢٠ جزء فى المليون عند تساقط أول ثمرة تفاح ثم تكرار المعاملة حتى الجمع ويستعمل D –٢،٤ بتركيز ٨ – ١٠ جزء فى المليون لمنع تساقط ثمار الموالح " أبو سرة " والتفاح والكمثرى · وقد وجد أن الرش البرتقال أبو سرة قبل الازهار بستة اسابيع زاد الحجم وقل التساقط اى أن تأثير دام سبعة شهور ·

أما عن دور الجبرللين فعند المعاملة بة على ثمار التفاح Red delicious فقد قل التساقط بنسبة ٢٠–٥٠ % وكانت المعاملة بعد ٦ اسابيع من تساقط البتلات

الزهرية بتركيز ٢٥ – ١٠٠ جزء فى المليون غيرأن الجبرللين لم يعطى نتائج ايجابية اخرى فى منع تساقط كثير من الثمار للأنواع الأخرى ·

B_9 أثر فى منع التساقط أو التقليل منه بالتفاح عند الرش به بعد ثلاث اسابيع من التزهير وتساقط البتلات بتركيز ٢٠٥ جم / لتر·

مراجع مختارة :

1- Alam, S. M. M.; Murr, D. P. and Kristof L. (1994): The effec of ethylene and of inhibitors of protein and nucleic acic syntheses on dormancy break and subsequent sprout growth Potato Res. 37: 25-33.

2- Burton, W. G. (1952): Studies on the dormancy and sprouting of potatoes. III. The effect upon sprouting of volatile metabolic products other than carbon dioxide. New Phytol. 51: 154-162.

3- Coleman, W. K. (1987): Dormancy release in potato tubers: a review. Am Potato J. 64: 57-68.

4- Coleman, W. K. (1983): An evaluation of bromoethane for breaking tuber dormancy in *Solanum tuberosum* L. American Potato Journal. 60: 161–167.

5- Coleman, W. K. (1987): Dormancy release in potato tubers: a review. Potato Research. 14: 96–101.

6- Cvikora, M.; Sukhova, L. S.; Eder, J. and Korableva, N. P (1994): Possible involvement of abscisic acid, ethylene, and phenolic acids in potato tuber dormancy. Plant Physiology and Biochemistry. 32: 685–691.

7- Denny, F. E. (1926a): Hastening the sprouting of dormant potato tubers. Am. J. Bot. 13: 118-125.

8- Denny, F. E. (1926b): Second report on use of chemicals for hastening the sprouting of dormant potato tubers. Am. J. Bot. 13: 386-396.

9- Destefano-Beltrán, L.; Knauber, D.; Huckle, L. and Suttle, J. C. (2006): Effects of postharvest storage and dormancy status on ABA content, metabolism, and expression of genes involved in ABA biosynthesis and metabolism in potato tuber tissues. Plant Molecular Biology. 10.1007/s11103-006-0042-7

10- Freyre, R.; Warnke, S.; Sosinski, B. and Douches D. S. (1994): Quantitative trait locus analysis of tuber dormancy in diploid potato (Solanum spp.). Theor. Appl. Genet. 89: 474-480.

11- Korableva, N. P.; Sukhova, L. S.; Dogonadze, M. Z. and Machackova, I. (1989): Hormonal regulation of potato tuber dormancy and resistance to pathogens. In J. Kredule, R. Seidlova, eds, Signals in Plant Development. SPB Academic Publishers, The Hague, pp 65-71.

12- Korableva, N. P.; Karavaeva, K. A. and Metlitskii, L. V. (1980): Changes of abscisic acid content in potato tuber tissue in the period of deep dormancy and during germination. Fiziologia Rastenii. 27: 441-446.

13- Lang, G. A.; Early, J. D.; Martin, G. C. and Darnell, R. L. (1987): Endo-, para-, and ecodormancy: physiological terminology and classification for dormancy research. HortScience. 22: 371-377.

14- Rappaport, L. and Wolf, N. (1969): The problem of dormancy in potato tubers and related structures. Symp. Soc. Exp. Biol. 23: 219-240.

15- Suttle, J. C. (1996a): Dormancy in tuberous organs: problems and perspectives. In GA Lang, ed, Plant Dormancy: Physiology, Biochemistry and Molecular Biology. CAB International, Wallingford, UK, pp 133-143.

16- Suttle, J. C. (1996b) : Role of ethylene in potato microtuber dormancy (abstract no. 478). Plant Physiol. 111: S-116.

20- Suttle, J. C. and Hultstrand J. F. (1994) : Role of endogenous abscisic acid in potato microtuber dormancy. Plant Physiol. 105: 891-896.

21- Van den Berg, J. H.; Ewing, E. E.; Plaisted, R. L.; McMurry S. and Bonierbale, M. W. (1996) : QTL analysis of potato tuber dormancy. Theor. Appl. Genet. 93: 317-324.

22- Wiltshire, J. J. J. and Cobb A. H. (1996): A review of the physiology of potato tuber dormancy. Ann. Appl. Biol. 129: 553-569.

23- Law, R. D. and Suttle, J. C. (2004): Changes in histone H_3 and H_4 multi-acetylation during natural and forced dormancy break in potato tubers. Physiologia Plantarum. 120: 642–649.

24- Bewley, J. D. (1997) : Seed germination and dormancy. Plant Cell. 9: 1055–1066.

25- Duran, J. M. and Retamal, N. (1989) : Coat structure and reguiation of dormancy in Sinapis arvensis L. seeds. J Plant Physiol. 135: 218–222.

26- Gfeller, F. and Svejda, F. (1960) : Inheritance of post-harvest seed dormancy and kernel colour in spring wheat lines. Can J Plant Sci. 40:1–6.

27- Kelly, K. M.; Van Staden, J. and Bell, W. E. (1992): Seed coat structure and dormancy. Plant Growth Regul. 11:201–209.

28- Bone, M. (2003) : Germination of woody legumes from green seed. Proc. Intl. Plant Prop. Soc. 53-372.

29- Geneve, R. L. (1999) : Seed dormancy in commercial vegetable and flower species. Proc. Intl. Plant Prop. Soc. 49: 248–254.

30- McMillan Browse, P. (2001): The science behind seed propagation. Proc. Intl. Plant Prop. Soc. 51: 235–236.

31- Milligan, G. (1999) : Seed collection, treatment and storage. Proc. Intl. Plant Prop. Soc. 49: 114–115.

32- Munson, R. H. (2000) : Natural seed dispersal and its effects on germination Proc. Intl. Plant Prop. Soc. 50: 426–428.

33- Woodske, D.(1999) : Seeds and seedlings. Proc. Intl. Plant Prop. Soc. 49: 565–567.

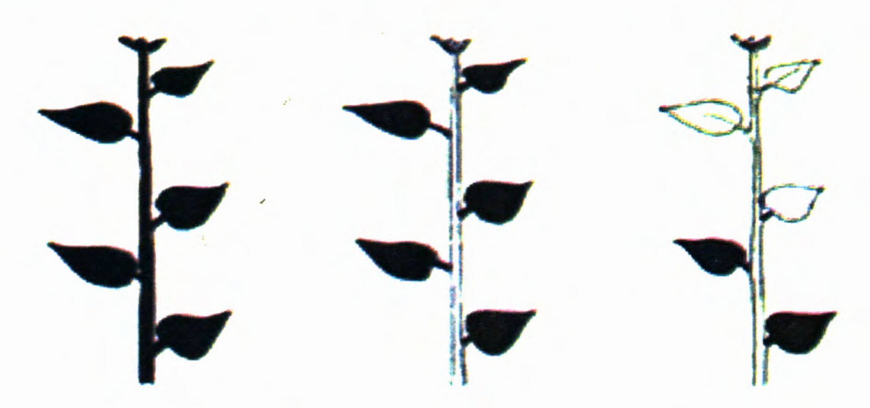
الفصل الثالث عشر
الشيخوخة فى النبات
Senescence In Plant



مقدمة :

يلى طور النضج الثمرى طور الشيخوخة Ageing والذى ينتهى بنشاط بيو كيميائى ينتج عنه تحلل الأنسجة ثم الموت، وهى مرحلة أخيرة فى مراحل تطور أى عضو نباتى وهى كأى تغير فسيولوجى يطرأ على النبات يبدأ بسلسلة من التغيرات والعمليات الغير رجعية والتى تقود فى النهاية الى الموت والتحلل . والشيخوخة مثلها مثل أى عملية فسيولوجية تنظمها أنزيمات متخصصة يتحكم فيها ميكانيكية وراثية تحدث إما تدريجيا او قد تحدث بمعدل سريع جدا لذلك فهى تختلف من نبات لآخر.
يعتبر البعض أن الشيخوخة لا تأتى فجائية أبدا حيث إنها تأتى نتيجة تراكم تغيرات ليست فى صالح الكائن الحى مثل الطفرات الغير مرغوبة، وتغير نشاط الأغشية الخلوية وحدوث نسخ خاطئ فى انقسام الخلايا يتجمع مع تقدم العمر ، ثم انخفاض فى معدل العمليات الفسيولوجية البانية وزيادة العمليات الفسيولوجية الهادمة .

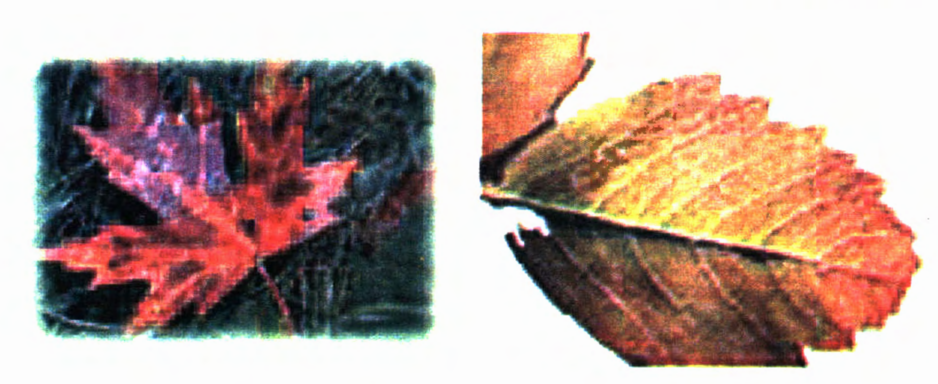
تختلف أيضا أعضاء النبات الواحد فى مواعيد شيخوختها فتختلف شيخوخة الجذور عن شيخوخة باقي النبات أما فى النباتات الحولية فالموت يكون شامل للنبات كله فى وقت واحد، فى حيث نجد فى الأعشاب المعمرة والتى لها أعضاء تخزين مثل الأبصال والكورمات والريزومات فان المجموع الخضرى هو الذى يصاب بالشيخوخة بعد تكون الأزهار والثمار الموسمى ثم تهاجر المواد الكربوهيدراتية والبروتينية بعد هدمها الى مواد بسيطة الى أماكن التخزين التى تزداد فى الحجم وتظل حية من اجل أن تعاود النشاط واعطاء مجموع خضري مرة أخرى للموسم التالي. لذلك نجد أن هناك ارتباط بين النمو التكاثري والشيخوخة ففى النباتات العشبية ذات الحول الواحد حيث تشيخ الأوراق والسيقان أثناء نضخ الثمار بينما تظل السوق والأوراق حية خضراء أثناء النضج فى النباتات المعمرة التى تزهر أكثر من مرة polycarpic ولكن يحدث أثناء نضخ الثمار هدم للمركبات المعقدة فى الأوراق وانتقالها الى أماكن التخزين فى البذور والثمار أو السيقان ليبدأ بها الموسم الجديد من النشاط فى إنتاج النموات الخضرية والزهرية.



(الشكل٢٢) : يوضح تدرج دخول النبات فى الشيخوخة حيث تبدأ الشيخوخة فى الأوراق الناضجة ثم تصل الى شيخوخة كل الأوراق ثم يتبعها شيخوخة الأفرع ثم النبات ككل.

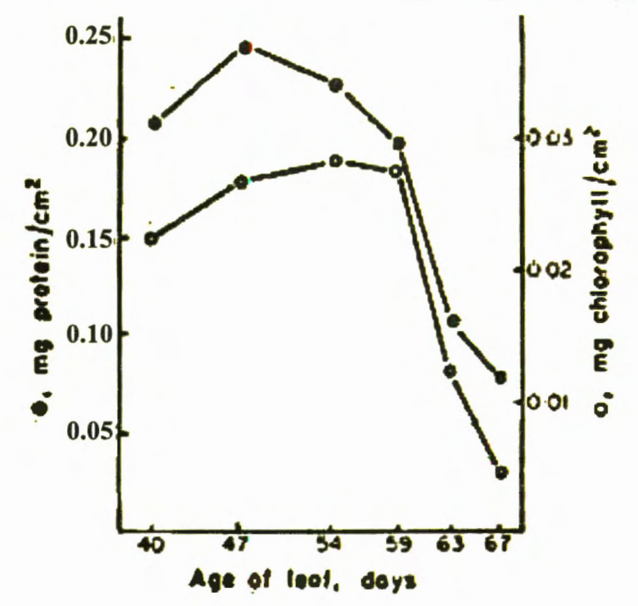
أهم مظاهر الشيخوخة :

اصفرار الأوراق وتكسر الكلوروفيل مما يزيد من ظهور الصبغات الأخرى مثل الزانثوفيل والكاروتينات فتظهر الأوراق بألوان أخرى غير الأخضر مثل الأصفر والبرتقالي والأحمر .



من علامات الشيخوخة أيضا اختفاء الريبوزومات وتكسر الشبكة الاندوبلازمية وتهدم البلاستيدات فقد أشار Vicentini وأخرون سنة ١٩٩٥ الى إن الهدم يتم عن طريق إزالة طرف جزئ الفيتول باستخدام أنزيم Chlorophyllase ثم إزالة ذرة

الماغنسيوم بواسطة إنزيم- Dechelatase Mg ثم تفتح حلقة البروفرين بواسطة أنزيم dioxgenase مع تدفق البروتين المرتبط والمتبقي من هدم الكلوروفيل ليذهب مع باقي المكونات الى الفجوات العصارية من أجل عمليات هدم مستقبلية كما يحدث اختفاء للميتوكوندريا· ثم هدم البروتينات ونقص محتوى الأوراق من الأحماض النووية الريبوزية وزيادة التنفس وبالتالي هدم الكربوهيدرات ويصاحب تحلل البروتين زيادة مستوى الأميدات والأمونيا بدليل استخدام الأحماض الأمينية فى التنفس بعد نزع مجموعات الأمين وتحولها الى أمونيا واستخدام الأحماض العضوية الكيتونية فى الأكسدة فى دورة الأحماض الثلاثية·



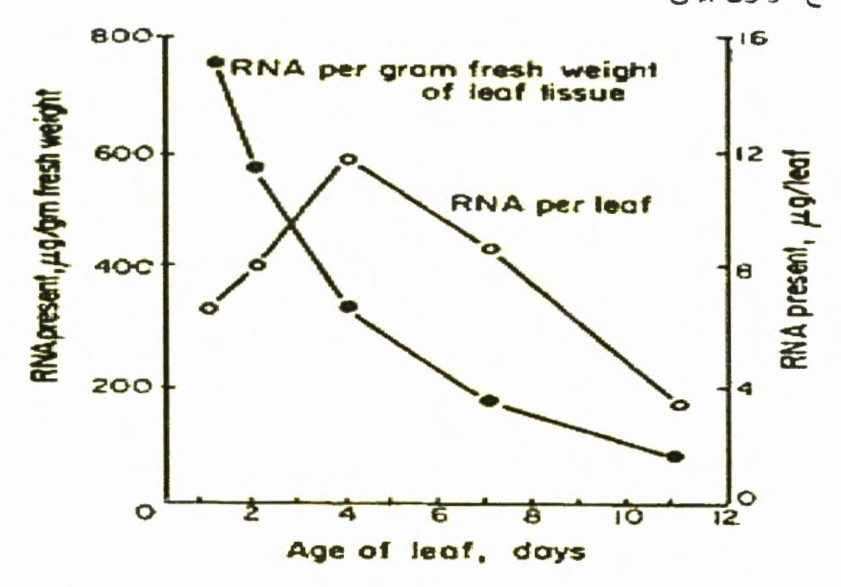
(الشكل٢٣): يوضح انخفاض الكلوروفيل والبروتين مع تقدم الورقة فى العمر ·

من علامات الشيخوخة على التركيب الداخلى للخلايا هو انحلال الغشاء البلازمي الداخلي Tonoplast للفجوات العصارية و إبطال دور الفجوة وتدفق الأنزيمات المحللة يصاحب شيخوخة الأوراق ارتفاع مستوى حمض الأبسيسيك والذى يصاحب ذلك إغلاق الثغور وخروج أيونات الكالسيوم من الخلايا الحارسة·

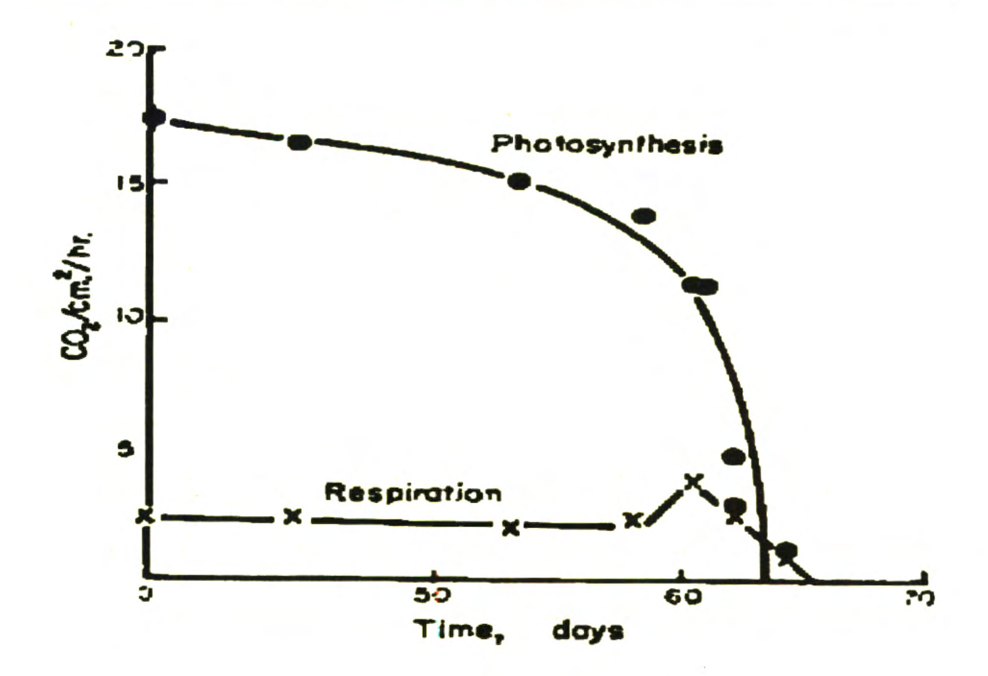
ميكانيكية النضج والشيخوخة :

تعتمد ميكانيكية الشيخوخة أولا على التنفس حيث أنه مصدر للطاقة اللازمة لأتمام التفاعلات الحيوية ثم بناء أنظمة أنزيمية جديدة التى تعمل على إحداث التغيرات اللازمة للنضج والشيخوخة ثم تكسر الخلايا وتحللها وموتها.

أما دور الهرمونات يكون على التأثير على تخليق الجديد من RNA تحت تأثير نظرية الهستون و التى تفترض أن البروتين الهستونى ينظم فعلها فى كل مرحلة من كل المراحل ابتدأ من المراحل الجنينية حتى الموت فالمادة الوراثية DNA المسئولة عن إنتاج RNA تثبط بأتحادها مع البروتين الهستونى وتنشط عن تحررها منه ويقع التنشيط والتثبيط تحت تأثير توازن هرمونى وهذا التوازن يقع تحت تأثير توازن حيوى يخضع لتوازن بيئى.



(الشكل ٢٤): يوضح انخفاض الأحماض النووية من نوع RNA بتقدم الورقة وبداية الشيخوخة.



(الشكل ٢٥) :يوضح انخفاض التمثيل الضوئى وارتفاع التنفس مع تقدم عمر الورقة وبداية الشيخوخة.

تنظيم الهرمونات للشيخوخة :

الأوكسين والشيخوخة :

يعمل الأوكسين على تأخير الشيخوخة من خلال زيادة معدل اتحاد أو ارتباط القواعد النيتروجينية ثلاثية الفوسفات ATP بالأحماض الأمينية أثناء ترجمة mRNA وبالتالي زيادة المنتج منه وقد وجد أنه يزيد من ارتباط الأحماض العطرية الأمينية خاصة Aromatic amino acids فى البروتين وبالتالي زيادة المحتوى البروتيني وهو عكس عملية الهدم أثناء الشيخوخة .

يصاحب شيخوخة الخلايا سواء فى الثمار والأوراق والبتلات نقص فى معدل الأوكسين الطبيعى فالأوكسين يحافظ على طفولة الخلايا ولقد وجد أن المعاملة بنفثالين

حمض الخليك NAA يعيق ليونة الثمار ويعمل على زيادة الأحماض الفوسفاتية ٠ وبالرغم من أن ألاكسينات تنبه إنتاج الأثيلين لكنها تعيق النضج وأن التأثير المثبط على النضج يفوق إي تأثير ناتج الأثيلين وعندما تبدأ الثمار فى النضج والشيخوخة فلأن الأثيلين ينشط الأنزيمات الهادة والتى تودى الى خفض مستواه٠

الجبرللين والشيخوخة :

يؤخر الجبرللين من طور الشيخوخة وذلك بتأثيره على تنشيط عمليات بناء mRNA والبروتين كما يعيد اخضرار الثمار الناضجة والمتجهة الى الشيخوخة كما يعوق هدم الكلوروفيل ويعوق ليونة الثمار وتراكم الكاروتينات كما وجد أن له علاقة بزيادة استهلاك الأكسجين وارتفاع مستوى الفوسفات ٠ كما أدت المعاملة به الى تأخير شيخوخة المشمش عندما رش بتركيز ١٠ – ١٠٠ جزء فى المليون قبل الجمع ٠

ولقد لوحظ زيادة مستوى ABA عند التقدم نحو الشيخوخة يعقبة نقص مستوى GA ، ولقد ذكر أن هناك تأثيرا مثيرا للجبرللين على انشيخوخة فى أوراق الخيار وهو تأثير يرتبط بالقدرة على التكوين الشكل اللولبى لل DNA ثنائى الخيط loop forming DNA وأنه فى وجود حمض الجبرللين يظهر أثر عكسى فقد احتفظت الخلايا بقدرتها على تكوين الشكل اللولبى او الحلقى نتيجة اتصال GA ب DNA عند موقع خيوط DNA وحيدة الخيط وان أهمية ذلك غير معروفة الآن٠

السيتوكينين و الشيخوخة :

أشارت الدراسات أن للسيتوكينين دور فى المحافظة على عدم هدم البروتين بل يزيد من معدل بناءها وقد استعمل السيتوكينين لتأخير شيخوخة ثمار الفراولة وكذلك أدت المعاملة به الى تحمل المحاصيل الورقية للتخزين دون تدهور كما فى السبانخ والأسبرجس ، كما أعاقت المعاملة به من التغير فى اللون فى ثمار البرتقال الخضراء ويعتقد أن السيتوكينين يعمل من خلال المحافظة على مستوى الجبرللين الداخلي أو إعاقة الزيادة فى ABA like compounds .

اكتشف أهمية السيتوكينين فى تأخير الشيخوخة والحفاظ على الكلوروفيل ١٩٥٧ فهو من خلال تثبيط أنزيم RNA ase وتثبيط عمليات التحلل وتشجيع نشاط أنزيم Aminoacyl-s-RNA وهو ما يفسر قلة كمية الأحماض الأمينية فى الأنسجة المعاملة بالكينيتين بالمقارنة بالغير معاملة كما ينظم من عمليات إنتاج الطاقة وذلك بزيادة محتوى الأوراق من الجلوكوز فوسفات والأدينوسين فوسفات عن طريق نشاط أنزيم الانفرتيز invertase كما تشجع Transformation من الليبيدات الى سكريات٠

كما وجد أن للكينيتين دورا على تحول حمض الابسيسيك من الصورة الحرة الى الصورة المرتبطة الغير نشطة ٠ كما لوحظ أن السيتوكينين يقلل من تنفس الأوراق الزائد عند بداية شيخوختها وذلك بإيقاف سريان تدفق الإلكترونات داخل الميتوكوندريا وبذلك يقل تأكسد المركبات السكرية والذي من شأنه تأخير عمليات الهدم ٠ كما يساعد السيتوكينين على توفر المواد الأيضية وكثير من المركبات وفيها الأوكسين من خلال ميكانيكية,source / sink / relation ship والتى تجذب المركبات من خارج الورقة الى حيث مكان احتفاظ الأجزاء المعاملة والمحتوية على تركيز عالي من السيتوكينين بحيوتها لفترة أطول ٠ فقد وجد أن الفوسفور ينتقل الى الأماكن الذى يرتفع فيها هرمون السيتوكينين خلال اللحاء دون الارتباط بحركة الماء فى الخشب٠

الاثيلين والشيخوخة:

يلعب دور فى تنظيم عمليات تساقط الأزهار والثمار والأوراق عند نضخ الثمار وشيخوخة الأوراق فالمعاملة به تؤدى الى غلق الأزهار التى على وشك التفتح وان تفتحت فان ألوانها تبهت وتسقطت ويساعد الأثيلين على شيخوخة الأوراق من خلال منعه انتقال الأوكسين من نصل الورقة الى قاعدتها فينتج التدرج الأوكسينى فى منطقة الانفصال وتتكون منطقة الانفصال كما يزيد من نشاط IAA- oxidase فيقل مستوى الأوكسين الطبيعى ويزيد من نشاط أنزيم السليوليز فى منطقة التساقط والذى يعمل على تحلل جدر الخلايا فى منطقة الانفصال مما يؤدى الى انفصال العضو مثل انفصال

الورقة عن الساق · يزيد أيضا الأثيلين من نشاط أنزيم Chlorophyllase لذلك ينهدم الكلوروفيل وتصفر الأوراق عند بداية شيخوختها·

حمض الأبسيسك :

يزداد مستوى حمض الأبسيسك مع تقدم الأوراق فى العمر وبداية تحولها الى طور الشيخوخة ويقل تركيز الجبرلنين ويرتبط ما هو موجود بالورقة ليكون جلوكوزيدات غير نشطة للجبرللين·

مثبطات النمو الاخرى :

آدت المعاملة بال B_9 الى تأخير حدوث دروة التنفس فى التفاح وبالتالى زادت مقدرة الثمرة على التخزين والتداول·

حمض الجاسمونك: عرف مؤخرا أن حمض الجاسمونك والاستر الجاسمونى مع الميثيل MJA (Methyl Jasmonic acid) وهما من مشتقات حمض اللينولينك بأنه من مؤخرات النمو أو أحد الهرمونات المؤدية للشيخوخة حيث انه يقلل من مستوى التعبير الجينى إلا إن اعتباره هرمون شيخوخة قابل اعتراضا حيث وجد بتركيزات عالية فى منطق النمو والمرستيمات الورقية الصغيرة، إلا إن المؤيدين يرونه كذلك حيث إنه يزداد انتقاله من الأوراق الى السيقان الأرضية Stolen لنبات البطاطس مما يدفعها لتكوين الدرنات والتخزين وهو مظهر من مظاهر بداية الشيخوخة حيث يتبع تكون الدرنات وانتهاء التخزين الكربوهيدراتي بها بداية شيخوخة المجموع الخضرى (العرش)·

يصاحب الشيخوخة نقص شديد فى الكربوهيدرات نتيجة زيادة التنفس ونتيجة نقص المدد منة نتيجة تكسير الكلوروفيل ونقص البناء الضوئى عند إذن تعتمد الخلايا فى تنفسها على البروتينات بعض تحللها الى أحماض أمينية ثم تهدم الأحماض الأمينية فينفرد الأمونيا وتستخدم الأحماض الكيتونية كوقود للتنفس يعقبها استخدام الدهون عن

طريق استخدام جزيئات الدهون الموجودة بالأغشية السيتوبلازمية مما يؤثر على تلك الأغشية فتفقد دورها فى تنظيم المرور ولذلك يستخدم جزء من جزيئات الدهن وهو حمض اللوينولنيك فئ التحول الى الجاسمونك بمساعدة أنزيم phospholipidase Acyl hydroxylase كما أن MJA يعمل على تثبيط بناء البروتين الداخل فى بناء البلاستيدات بعض هدمها، كذلك شجعت المعاملة به من الخارج من هدم الكلوروفيل والبروتين وأكسدة الليبيدات·

الشيخوخة والاجهاد :

الاجهاد المائي أو الجفاف Water Stress:

عند تعرض الأوراق لنقص الماء (الإجهاد المائى) يتبعة نقص البروتين والأحماض النووية والكلوروفيل ثم زيادة مستوى ABA ونقص نشاط GA ويتأثر ذلك بدرجة الحرارة فأنخفاض درجة الحرارة يعطل ذلك التغير فى المستوى الهرمونى وارتفاع درجة الحرارة يسرع منه وهذا من شأنه إسراع شيخوخة الأوراق ويؤدى الإجهاد المائى الى انخفاض الضغط الانتفاخي لخلايا الأوراق وإيقاف الانقسام الخلوي لتراخى الجدر الخلوية ، كما يؤدى ألاجها المائى الى نقص نشاط إنزيم Nitrate reductase ، Glutamine synthetase .

الإجهاد الملحي Salinity stress :

تسرع الملوحة من دخول الأوراق الى مرحنة انشيخوخة ويزاد فيها مستوى ABA وقد لوحظ فيها أيضا نقص مستوى السيتوكينين حيث تؤثر الملوحة على نشاط أنزيم Mailc dehydragenase وهو ما يؤثر على نشاط المركبات الوسطية لدورة السترات·

الشيخوخة والأمونيوم :

هناك علاقة بين تمثيل الأمونيوم Ammonium assimilation والشيخوخة حيث أن تراكم الأمونيوم فى الأوراق أثناء تقدم عمر الورقة وشيخوختها وذلك راجع لنقص إنزيم Glutamine synthetase وزيدة معدل اختزال النترات وقد فسر ذلك أو تشجيع الأمونيوم للشيخوخة على أنه ربما يرجع الى أنه يعمل كحاجز لمنع تدفق أيون الكالسيوم الى السيتوبلازم وكذلك يتراكم الأمونيا عن طريق نزع مجموعة الأمين من الأحماض الأمينية وهدم الأحماض النووية وتحولها الى جلوتامين.

الكالسيوم والشيخوخة :

وجد عند توفر الكالسيوم فى أنسجة الثمار يتكون ذلك من شأنه تــأخير نــضج الثمرة وانخفاض معدل تنفسها وقلة إنتاج الأثيلــين وبالتــالى تــأخر ليونــة الثمــار وشيخوختها . وقد أدت المعاملة به الى تــأخير هــدم الكلوروفيــل وتــأخير تــراكم البيروكسيديز ، وأن تلف الأغشية أثناء الشيخوخة مرتبط بعمليات هدم الفوسفوليبيدات الذى يشجعها وجود الكالسيوم.

الشيخوخة والأجسام الدقيقة بالخلية :

الأجسام الدقيقة Micro- bodies هى جسيمات صغيرة توجد فى ســيتوبلازم الخلايا ذات أقطار صغيرة (٠.٢ – ١.٥ ميكرون) ذات غــشاء فــردى تختلــف عــن البلاستيدات والميتوكوندريا فى عدم احتوائها على تراكيب داخليــة . وعــادة تكــون مرتبطة بالشبكة الأندوبلازمية وهى ثلاث أنواع هى البيروكــسوزوم Peroxisome يوجد قريب من البلاستيدات الخضراء يتم فيه تمثيل الجليكولات Glycolate المنــتج في البلاستيدات (من خلال عملية التنفس الضوئى فى النباتات ثلاثية ورباعية الكربون) والجليكسوزوم Glyoxysomes التى تتواجد فى أنسجة البذور الزيتية حيــث يمثــل فيها الــدهون الــى كربوهيــدرات أثنــاء الإنبــات (بــذور فــروع) والأســفيروزم

Spherosome وتحتوى على أنزيمات التحلل مثل Hydrolase، Esterase، Phosphatase، Rilonuclease ، Protease .

. التنفس الضوئى فى البيروكسوزوم يسحب ناتج التمثيل الضوئى لأكسدته ضوئيا لذلك يعد خسارة دون الحصول على مكسب ، ثم تخليق المادة الكربوهيدراتية سواء للتخزين أو للاستخدام فى التنفس لانتاج الطاقة أو فى بناء المركبات الأخرى ومن الجدير بالذكر أنه عند الشيخوخة يزداد التنفس الضوئى داخل ابيروكسوزوم الى الدرجة التى تهدم معظم الكربوهيدرات المنتجة بالتمثيل الضوئى كما أن عمليات الهدم يدخل من ضمنها عمليات الانتقال واعادة التوزيع Remobilization للمركبات الناتجة من الهدم ويمثلها انتقال الأميدات كالجلوتامين والاسبرجين والأحماض الأمينية والسكروز من الأماكن التى وصلت فيها الأعضاء الى الشيخوخة الى الأماكن الأخرى حيث تخرج الأعضاء الحديثة أو الأزهار أو الثمار.

يبدو أن عمليات الهدم لا تحدث إلا فى حالة توفر الشوارد الحرة Free radicals والتى تقوم بدور العامل المساعد للأنزيمات الهاضمة فتقوم بهدم المركبات الأساسية فى الخلية بالإضافة الى أكسدة الكلوروفيل . كذلك توفر الأكسجين النشط Hydrogen peroxide (H_2O_2) الناتج عن الإجهاد البيئى يكون هو الفاعل الأول فى عمليات الهدم ولكن تسير بجنب عمليات الهدم السابق ذكرها عمليات أخرى تثبط الشيخوخة وتؤخر من الوصول للموت لتبقى الخلايا المسنة حية الى أقصى مدى ، من هذه الميكانيكيات المقترحة قيام بعض الجينات بإنتاج بروتينات تعمل على مجابهة تراكم الشوارد الحرة بالارتباط بها ، وكذلك إبطال سمية Detoxify فوق أكسيد الهيدروجين الناتج من التنفس الضوئى بواسطة تلك البروتينات أو الأنزيمات مثل أنزيم Catalase.

العوامل المؤثرة على الشيخوخة :

أثناء مراحل تطور النبات ووصول النبات الى مرحلة بداية الشيخوخة يؤدى أى عامل من عوامل الإجهاد البيئى الى الإسراع من الشيخوخة مثل الإجهاد الحرارى أو الجفاف أو الإضاءة الضعيفة أو نقص التغذية او الأصالة المرضية والحشرية.

الهرمونات النباتية الداخلية التى تساعد على التطور الثمرى تساعد أيضا على بداية الشيخوخة مثل السيتوكينين و الأثيلين وبعض المركبات التى تنتمي الى الهرمونات مثل حمض الجاسمونك وعلى ما يبدو إن التحكم الذى يبديه السيتوكينين على الشيخوخة يكون على مستوى عملية النسخ بحيث يثبط كل التغيرات الجينية التى لها علاقة بالشيخوخة . أما الأثيلين فيمثل استجابة النبات الى العوامل الخارجية مثل الجروح والمسببات المرضية والتلوث والإجهاد البيئى حيث ينتج عنها جميعا ارتفاع محتواة ثم يسرع هو من التعبير الجينى للأنزيمات التى تعمل على شيخوخة الخلايا او الإنضاج فى الثمار.

على العكس من ذلك نجد أن نباتات الطماطم تتميز بإنتاج الأثيلين بمستوى عالى ورغم ذلك لا يحدث شيخوخة للأزهار ولا للثمار والأوراق وذلك لتضاعل الإشارات الأخرى الواردة لإحداث الشيخوخة هذ، يدفعنا الى الاعتقاد بأن دور الأثيلين ربما لا يقوم به الى بعد ورود الإشارات الأخرى للشيخوخة والتى منها نقص معدل تثبيت الكربون فى الأوراق أو زيادة حساسية الأوراق للتأثيرات الخارجية وذلك بعد تنشيط جينات فرط الحساسية Hypersensitive response مثل جين LSC54 والذى يكون من تأثيره نشاط الخلايا الزائد لردود الأفعال ضد العدوى بالمرض والتى تؤدى الى قتل الخلايا المصابة لنفسها وللخلايا المحيطة لوقف تقدم المرض فتكون المقاومة بحصر مكان الإصابة نتيجة فرط الحساسية للإصابة بالموت.

نظريات الشيخوخة :

المحاولة الوحيدة لاعطاء تفسير لحدوث الشيخوخة في النبات أجريت بواسطة العالم Molisch (1938) علي أساس تجاربه التي عدل فيها من حدوث الشيخوخة بإزالة الأزهار والثمار وقد اقترح بأن أنشطة الإكثار في النبات وخاصة نمو وامتلاء الثمار بالمواد الغذائية الذي يؤدي الي تفريغ بقية النبات من المواد الغذائية والتي تحدث من انتقالها للثمار وهذا الافتراض أثبتته الدراسات التي أجريت علي انتقال المواد الغذائية للثمار التى قام بها كل من Mothes(1931) وبعده (١٩٤٠) Petrie علي تتبع المواد النتروجينية في نبات الدخان في مختلف أجزاء النبات خلال نموه. فقد لاحظوا انه يمكن تقليل انتقال المواد النتروجينية من أوراق نبات الدخان الي الثمار بواسطة التطويش. وقد تبين لهم أن نمو النورات الزهرية سببت نقص المواد البروتينية في أجزاء النبات خاصة الأوراق ووجد كذلك أن قطع النورات الزهرية أوقفت لحد كبير فقد الأوراق للمواد البروتينية.كما أثبتت القدرة الهائلة للأعضاء التكاثرية لجذب المواد الغذائية من بقية أجزاء النبات إليها، كما أظهرت التجارب أن تنبيه حدوث الشيخوخة يزداد تدريجياً خلال فترة التكاثر من أولها لأخرها. فقد أظهرت تجارب علي فول الصويا أن تأثير منبه الشيخوخة يزداد حتي في فترة الأزهار وقبل أن تتكون أي ثمار وتمتلئ بالمواد الغذائية. وأن هذا التأثير يكون في أعلي مراحله خلال فترة النضج الثمرى وبعد اكتمال انتقال المواد الغذائية إليها.

وجد Varner (1961) أ نه بزيادة العمر يمكن أن يحدث تغيرات جوهرية في تركيب الأغشية البلازمية الحية فمن دراسة التغيرات في الخلايا خلال تساقط الأوراق أدت الي استنتاج إن تدهور الأغشية الحية يمكن أن تكون السبب في تدهور الخلايا كلها فقد وجد أن هناك زيادة في نفاذية أنسجة أوراق الفول كلما اقتربت من الشيخوخة وقد بينت نتائجهم انه لا يحدث زيادة في فقد العناصر فقط من الأوراق بزيادة العمر ولكن وجد أن تطويش النبات يؤخر شيخوخة الأوراق ويوقف أيضا زيادة نفاذية

الخلايا وبزيادة العمر تزداد نفاذية الأوراق حيث تزداد درجة التوصيل الكهربي للمحاصيل عند تطوش النبات بعد ٩ أيام.

قد يكون التدهور فى النظام الحيوى للخلايا والأنسجة والأعضاء عند الشيخوخة نتيجة لزيادة المسببات للتدهور مثل زيادة أنزيم RNA ase أو لاضعاف أنشطة بناء RNA والبروتين أو الكلوروفيل فإن ارتباط تدهور الكلوروفيل مع تدهور البروتين و RNA يؤكد إن تنظيم أو التحكم في الشيخوخة أحد وظائف لـ.RNA .

تأثير انتقال العناصر Mobilization effect أصبح الأكثر أهمية عند دراسة ظاهرة الشيخوخة وذلك عندما لاحظ Richmand and Lang أن الكينيتين عند معاملة الأوراق به يؤخر حدوث الشيخوخة فيها ، بعد ذلك لاحظ العالم Moths (1959) أن نفس المادة يمكن أن تكون مناطق جذب لانتقال العناصر المغذية إليها من الأنسجة المحيط الى الأوراق عند معاملتها مثل جذب الكربوهيدرات والأحماض الأمينية ومختلف أيونات العناصر الغذائية وبذلك تحتفظ الأوراق المعاملة بأخضرارها وبمحتواها من البروتين عن الأوراق الغير معاملة والتي تدخل في طور الشيخوخة أسرع منها. مما يثبت إن الكينيتين يؤخر حدوث الشيخوخة عن طريق قدرته على جذب وانتقال العناصر الغذائية.

مراجع مختارة :

1- Baka, Z.A.M. and Aldesuquy H.S. (1992): Changes in ultrastructure and hormones of the fully senescent leaf of *Senecio aegyptius*. Beitrage Biol. Zur Pflanzen. 66: 271-281.

2- Reid, M. S. (1995): Ethylene in plant growth, development, and senescence. In PJ Davies, eds, Plant Hormones: Physiology, Biochemistry and Molecular Biology, Ed 2. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp 486-508

3- Dalling, M. J. and Nettleton A. M. (1986): Chloroplast senescence and proteolytic enzymes. In Plant Proteolytic Enzymes. Edited by Dalling M.J. pp. 125–153. CRC Press, Boca Raton.

4- Vierstra, R. D. (1996): Proteolysis in plants: mechanisms and functions. Plant Mol. Biol. 32: 275–302.

5- Vierstra, R.D. (1993): Protein degradation in plants. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 44: 385–410.

الفصل الرابع عشر

التســاقــط

Abscission



مقدمة:

التساقط هو أحد مظاهر الشيخوخة أو هو أحد مظاهر انتهاء عمر العضو داخل منظومة النبات حيث إن جميع النباتات الراقية وخاصة الأشجار مستديمة الاخضرار أو متساقطة الأوراق قد تتخلص من أعضاءها المسنة سواء لكانت أوراقا أو أزهار أو ثمارا بعد وصول كل منها طور الشيخوخة والتحلل والهدف من تساقطها هو استبدالها بأخري حديثة ونشطة فسيولوجيا وكيميائيا· ويتم سقوط هذه الأعضاء خاصة الأوراق إما منفردة و علي فترات متباعدة علي مدار العام كما في الأشجار مستديمة الخضرة أو تسقط الأوراق دفعة واحدة خلال فصل الخريف و تصبح الأشجار عارية تماما في الشتاء كما في متساقطة الأوراق التي تمر نباتاتها بفترة السكون أو الراحة نتيجة انخفاض الحرارة شتاء ثم تستأنف نموها بعد تكشف براعمها لتتحول الي الأوراق الحديثة أو الأزهار أو كلاهما مع تكوين النموات الخضرية خلال فصل الربيع لارتفاع معدل الحرارة و سريان العصارة و توفير الماء و الغذاء · حتي الأزهار و الثمار تسقط منفردة أو علي دفعات بعد عملية الإخصاب أو العقد أو تكوين الثمار الصغيرة و يتم سقوط كل منها طبيعيا أو بعوامل المناخ مثل الرياح الشديدة · وفي بعض الحالات الشاذة قد تسقط هذه الأعضاء دفعة واحدة نتيجة الاستعمال الخطأ بفعل مبيدات الحشائش أو الفطريات المرضية ·

العوامل المؤثرة علي سقوط الأوراق :

وبالنسبة لسقوط الأوراق سواء أكانت للأشجار المستديمة أو المتساقطة لابد من حدوث بعض التغيرات المورفولوجية تركيبيا و التفاعلات الكيميائية داخليا من خلال مراحل و خطوات متتالية تؤدي في النهاية الي سقوط الورقة و التي تتلخص خطوات هذه المتغيرات تبعا للأتي :

أ – التغيرات التشريحية : تتلخص فى التالي :

١ - عند دخول الورقة مرحلة شيخوختها يبدأ ظهور اختناق دائري مقعر الشكل في صورة حلقة خارجية عميقة نوعا حول قاعدة عنق الورقة ويأخذ لونا خاصا دون باقي العنق خارجيا ٠

٢ - عند عمل قطاع طولي في الجزء الحلقي المقعر حول قاعدة الورقة يتميز بوجود الأوعية الناقلة ضيقة القطر وشكلها منضغط الي الداخل مع قلة خلايا العنق سواء أكانت خلايا كولنشيمية او اسكلرانشيمية أو تكاد تكون منعدمة مع وجود طبقتين أو أكثر من الخلايا البارنشيمية ذات الجدر الرقيقة غير المنتظمة شكلا وغير المتساوية حجما والمنضغطة طوليا واحتواءها علي كثير من الأنوية والميتوكوندريا ٠ وعندما يتصف هذا الاختناق بهذه الصفات التركيبية يطلق عليها طبقة الانفصال Separating layer أو منطقة التساقط Abscission zone.

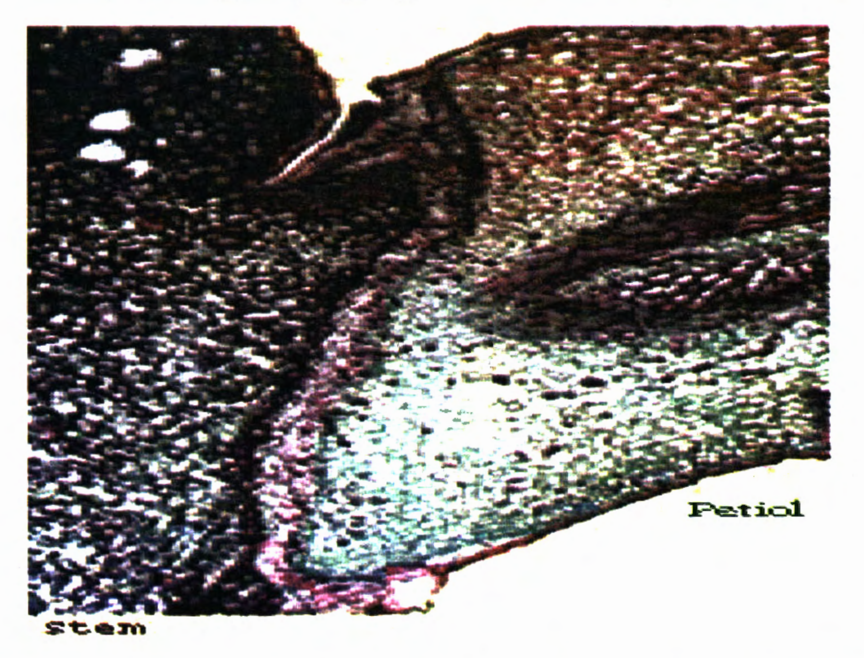


٣- تحلل طبقة الانفصال أو منطقة التساقط بفعل أنزيمات التحلـل التـي تعمـل تحطيم وتحلل وإذابة الجدر الخلوية وخاصة الـصفائح الوسـيطة أو تتمـزق الأخيرة بفعل الضغط الناشئ نتيجة التزاحم بين الخلايا الكبيـرة و المجـاورة لمنطقة التساقط و تأخذ هذه المنطقة شكل منتفخ و في حشوة جيلاتينية لامتلائها بالعصير الخلوي والسيتوبلازم مما يكسب هذه الطبقة اللون الداكن و المظهـر

اللزج و تصبح الورقة متصلة بالساق عن طريق خلايا طبقة البشرة والأوعية الناقلة فقط لإختفاء خلايا طبقة البشرة نتيجة عمليات التحلل والإذابة مما يساعد ذلك علي سقوط الأوراق بسهولة بفعل ثقل وزنها أو بفعل الرياح العادية .

٤ - قبل سقوط الأوراق و بعدها مباشرة تتكون طبقة أو طبقتين من الخلايا البارنشيمية القريبة من منطقة الانفصال لغلق فوهة الأوعية الناقلة و تصبح محكمة القفل لمنع خروج العصارة النيئة من الخشب و الطازجة من اللحاء مع إضافة بعض المواد اللزجة و المنتجة ذاتيا من المواد التيلوزية لتكوين غشاءا أو غلافا وافيا ليزيد من إحكام القفل لفوهة الأوعية بفعل طبقتي الخلايا المتكونة حديثا و التي تتحول بعد ذلك الي خلايا فللينية بعد ترسيب مواد تدعيمية مثل اللجنين و السيوبرين بينها لشدة تماسك الطبقة الفللينية و عدم اتصال عصارة الأوعية الناقلة بالوسط الخارجي.

٥ - عقب سقوط الأوراق مباشرة تتخلف عنها ندبة صغيرة الحجم مثلثة الشكل و لامعة المظهر ممثلة نقطة الاتصال بين الورقة و السوق الحامل لها.



ب- التفاعلات الكيميائية :

وتتلخص خطوات العمليات الكيميائية التي تحدث داخل حلايا منطقة الانفصال في عنق الأوراق قبل تساقطها فى التالى :

١ - بعد دخول الأوراق مرحلة شيخوختها يبدأ ظهور علامات الشيخوخة علي نصل الأوراق نتيجة ظهور الاصفرار الكامل و سرعة ذبولها و يرجع ذلك الي تحلل الكلورفيلل و المواد ابروتينية و الأحماض النووية خاصة RAN بفعل نشاط الأنزيمات المتخصصة اللازمة لعمليات الهدم السريع مصحوبا ذلك بالبخر السريع لسرعة النفاذية من خلال الأغشية لجدر الأوراق المسنة بالإضافة الي ما سبق تكوين الأزهار و الثمار تعمل علي سحب معظم الغذاء من الأوراق و الجذور في صورة ذائبة معدنيا أو عضويا لاكتمال أجزاءها و تكوين ثمارها و نضج بذورها مما يدفع ذلك الأوراق علي دخولها مرحلة شيخوختها مبكرا و العمل علي سرعة سقوطها سواء أكانت أشجارا مستديمة الخضرة أو متساقطة الأوراق · بينما النباتات العشبية و المعمرة مثل الأبصال و الدرنات والريزومات تقوم بدورها علي سحب الغذاء المجهز سواء كان عضويا أو معدنيا في صورة ذائبة و سهلة الامتصاص و انتقالها من الأوراق الي الأعضاء المتحورة أرضيا لكي تتجمع بداخلها و تزداد أحجامها و تثقل أوزانها مما تدفع الأوراق بأن تدخل مرحلة الشيخوخة المبكرة بناءا علي ما سبق يمكن استغلال الظواهر السابقة في مجال الإنتاج لزراعي لتقليل التنافس علي الغذاء بين الأعضاء النباتية و لتأخير مرحلة الشيخوخة لها مع عدم سحب الغذاء من أحد الأعضاء الي الأخرى وعلي سبيل المثال عمليات إزالة البراعم الخضرية قميا أو جانبيا حتي البراعم الزهرية في نبات الدخان بغرض تشجيع النمو خضريا و تحسين صفات الأوراق مظهريا وزيادة محتواها الكيميائي داخليا و رفع النكهة و الرائحة بها· كما أثبتت الدراسات أن إزالة البراعم الزهرية يوميا من نبات فول الصويا قد تؤدي الي إطالة عمر الأوراق وتأجيل

شيخوختها وعملية خف الأزهار أو الثمار الصغيرة لنباتات الفاكهة تعمل علي كبر حجم الثمار و رفع صفاتها الطبيعية و الكيميائية من حيث الطعم و اللون و خفض الحموضة و زيادة السكريات ·

٢ - خلال مرحلة الشيخوخة للأوراق النباتية تحدث بد'خل طبقة الانفصال في قاعدة الورقة بعض التغيرات الكيميائية مما ينتج عنها تحليل وهدم الجدر الخلوية والأغشية البروتوبلازمية والصفائح الوسيطة لخلايا القشرة مصحوبة بإذابة المواد البكتينية والهيميسليولوزية والمواد السكرية المعقدة وأهم الأنزيمات الداخلة في التفاعل والمتعلقة بالتحلل والهدم هي أنزيم البكتينيز ، السليوليز ، الفوسفاتيز ، البيروكسيديز ، حمض السكسينيك ديهيدروجينيز ، حمض الماليك ديهيدروجينيز ، البروتيز ، أكسيديز أندول حمض الخليك · بعد الانتهاء من عمليات التحلل تصبح طبقة الانفصال متكونة من الخلايا المفككة والجدر الممزقة ذات المظهر الجيلاتين نتيجة نشاط أنزيم بكتين ميثايل الأستريز وأنزيم حامض RAN ase .

٣ - زيادة معدل التنفس بفعل الأنزيمات المتخصصة و بالاشتراك مع أنزيمات التحلل الأخرى قد تعمل معا علي سرعة التساقط في الأوراق فقد وجد أن مانعات التنفس تشترك بدورها في عدم أحداث التساقط فعند إعطاء جرعات من المواد السكرية خفيفة التركيز لمنطقة التساقط أسرعت من تساقط الأوراق مبكرا مما يؤكد أن عملية الأنفصال تحتاج الي طاقة حرارية تكون مصدرها الطبيعي عملية التنفس ·

٤ - نقص المحتوي الكلي من الأوكسين أندول حمض الخليك في منطقة التساقط يعتبر عاملا محددا لهذه الظاهرة · وتفاعلات الأكسدة الناتجة بفعل أنزيم أوكسيديز حمض أندول حمض الخليك تؤدي بدورها علي سرعة التساقط نتيجة خفض الأوكسين و عند أضافته علي طبقة الأنفصال فأنه يمنع أو يؤخر تساقط الورقة·

٥ - انخفاض المحتوي البروتيني و الحامض النووى RNA مرتبطا بالنشاط الأنزيمي المحلل لكل منهما ويعزى ذلك الى ارتفاع معدل النشاط أنزيم البروتيز Protease ، وأنزيم الريبونيوكليز Ribonuclease على التوالى والمحللة لهما فى منطقة الانفصال ·

تأخير سقوط الأوراق :

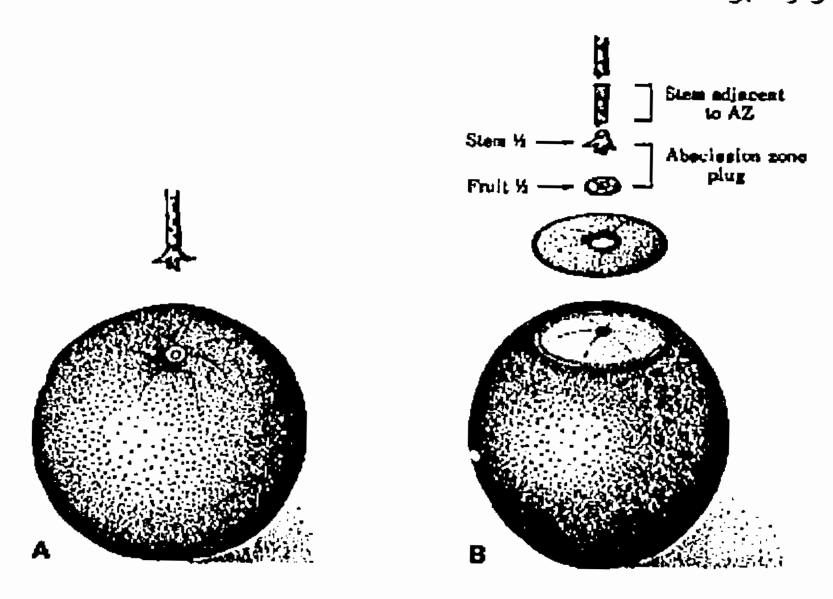
من المعروف أن الأوراق الحديثة تزداد فيها تركيزات الأوكسينات الطبيعية وتقل معدلها مع تقدم الأعضاء فى العمر وبالتالي يسهل سقوطها بعد تكون منطقة الانفصال لذلك يمكن منع تساقط الأوراق أو تأخير تسقطها بالرش بالأوكسينات وربما يرجع ذلك المنع الى زيادة سرعة الانقسام الخلوى وتجديدها عند قاعدة الورقة ووقف النشاط الأنزيمي المحلل لجدر خلاياها ·

تساقط الثمار Fruit drop :

ظاهرة سقوط الثمار المنتشرة طبيعي في أشجار الفاكهة تحدث عادة عقب عملية الإخصاب والعقد مباشرة أو أثناء نضج و اكتمال التسوية في الثمار ، مع العلم أن النسبة المرتفعة في ظاهرة التساقط الثمري تحدث في النباتات ذاتية التلقيح · ويتم التساقط علي فترتين كما في أشجار التفاح · يسمي الأول بالتساقط المبكر الذي يحدث بعد انتفاخ المبيض و تكوين الأندوسبرم البذري للثمرة و الثاني يعرف بتساقط يونية الذي يحدث خلال الفترة السريعة لتكوين الجنين وهناك نوع آخر من التساقط يعرف بتساقط ما قبل الجمع حيث تسقط الثمار وهى على وشك النضج ·

تحدث منطقة الانفصال فى الثمرة إما فى منطقة اتصال العنق بالثمرة أو قد تحدث فى طبقة القشرة والبشرة للثمرة قرب العنق بمسافة نصف ملليمتر فى العنق أو عمقا فى الثمرة والذي يختلف مكانة باختلاف النوع النباتي التابعة له الثمرة فتنفصل ثمرة البرقوق بجزء من العنق فى التساقط الأول أما تساقط ما قبل الجمع فتنفصل بدون عنق

أما الكريز فيحدث منطقة الانفصال اما بين عنق الثمرة وحامل الثمرات أو بين حامل الثمار والدابرة ٠



تساقط ما قبل الجمع يؤدى الى الأضرار بالثمار الساقطة علـــى ســـطح الأرض حول جذوع أشجارها حيث تتعرض هذه الثمار للإصابة البكتيرية و الفطريـــة نتيجـــة حدوث بعض الجروح الميكانيكية علي الثمار بعد سقوطها وتصبح بعـــد ذلـــك غيـــر صالحة للاستهلاك أو البيع و يمكن تجنب مثل هذه الحالات بقطف الثمار قبل اكتمـــال تسويتها وتلوينها بالرغم من عدم صلاحيتها للاستهلاك والأفضل ترك هذه الثمار فوق الأشجار حتي تصبح مكتملة النضج والتسوية ولا يتـــأتي ذلـــك إلا باســـتخدام بعـــض المنظمات النباتية للعمل علي منع سقوطها أثناء النضج وبعده كما في ثمـــار التفـــاح و المشمش لأن ظاهرة التساقط الثمري قبل القطف Pre-harvest drop مرتبطة بالنقص فى معدل الأوكسين ويمكن التغلب عليها باستخدام الرش لمحاليل نفثالين حامض الخليك (١٠ جزء في المليون) بشرط أن يستخدم الأوكسين مرتين كل ٥-٦ أيام قبل سقوط الثمار لأشجار التفاح ، كما يستعمل (الآلار) مرة واحدة رشا علي الأشجار قبل سقوط

الثمار بحوالي شهر واحد ويمكن استخدام بعض المواد الصناعية من الأوكسينات لنفس الغرض السابق مثل مركب ثلاثي كلورو الفينوكسي حامض البروبيونيك ٠

يرجع تساقط الأزهار الى فشلها فى التلقيح والإخصاب فالفشل فى العقد يؤدى الى أن تحرم الأزهار من المدد الأوكسينى الذى يعينها على البقاء والاستمرار فى القيام بدورها ٠ كما إن فشل الأجنة فى النمو يؤدى الى تساقطها أيضا لنفس السبب وهو ما يحدث عادة بعد ذلك للثمار البذرية فى فترات يقل فيها الإمداد الأوكسينى من الأنسجة المختلفة المانحة للأوكسين بالبذرة فينحفض مستواه دون المستوى اللازم لاستمرار نموها ٠

وهناك العديد من البحوث التى أثبتت أن ظاهرة التساقط الثمري تعري الي انخفاض مستوي الأوكسينات في الثمار أو الى التدرج الأوكسينى على جانبي منطقة الانفصال فأن كان مستوى الأوكسين على الجانب الداخلى أكبر منه على الجانب الخارجي فى هذه الحالة لا يحدث التساقط أما أن قل المستوى الأوكسينى الداخلى ليتساوى مع مستواه الخارجي البعيد عن منطقة التساقط فى هذه الحالة تتكون منطقة الانفصال ٠

ويزداد احتمال تساقط الثمرة كلما قل عدد البذور بها حيث يترتب علية انخفاض المحتوى الأوكسينى للثمرة وبالتالي انحفاض قدرتها على المنافسة للحصول على المواد والعناصر الغذائية اللازمة لنموها إذ إن الإفراز الهرموني يحدث مناطق جذب لهذه العناصر ٠

وقد وجد أن فى أوقات التساقط عادة ما يكون مستوى الأثيلين مرتفع والذي يسبب ضعف وتكسر الصفيحة الوسطى فتحدث منطقة الانفصال ويفترض تكون منطقة الانفصال بنشاط أنزيمي هادم لمحتويات جدر الخلايا مثل المواد البكتينية والسليولوزية والسكريات العديدة غير السليولوزية ويحدث هجرة لعنصر الكالسيوم والماغنسيوم من جدر الخلايا فى تلك المنطقة قبل أو عند نهاية الطور المؤدى للانفصال ولا يشمل هذا

التغير الحادث فى منطقة الانفصال الخلايا الخاصة بنحرم الوعائية مما يجعل الثمرة ملتصقة دون انفصال فترة حتى تتمزق هذه الحزم طبيعيا Physically ويختفى البكتين سواء المثيلى Methylated Pectins أو الكلى من خلايا الانفصال وتتلجنن الخلايا فى أنسجة الثمرة عند منطقة الانفصال ويستمر بتقدم ظاهرة الانفصال حتى التساقط ·

وقد أيد ذلك كل من Addicott Davies &Morgan (1972) حيث وجدوا أن زيادة إنتاج الأثيلين طبيعيا في ثمار القطن قبل سقوط اللوز (الثمرة) الصغير بينما ارتفع حمض الأبسيسك خلال سقوط ثماره مما نستنتج أن المركبين السابقين يشتركان معا فى ظاهرة التساقط الثمرى ·

دور الهرمونات فى منع تساقط :

يمنع الأوكسين تكون وتخلق طبقات الانفصال ويرجع ذلك الى دورة فى منع تكوين الأنزيمات الهادمة للبكتين مثل Pectin methyl esterase وأيضا لدورة فى التدرج الأوكسينى Auxin gradient عند النهاية القمية للعنق Proximal end (اتصال العنق بالثمرة) وقد أفادت تلك المعلومات فى منع التساقط باستعمال الأوكسينات· فقد وجد أن استعمال Naphthalen acetamide بتركيز ١٥ – ٢٠ جزء فى المليون عند تساقط أول ثمرة تفاح ثم تكرار المعاملة حتى الجمع ويستعمل D-- ٢،٤ بتركيز ٨ – ١٠ جزء فى المليون لمنع تساقط ثمار الموالح " أبو سرة " والتفاح والكمثرى · وقد وجد أن الرش البرتقال أبو سرة قبل الأزهار بستة أسابيع زاد الحجم وقل التساقط أي أن تأثير دام سبعة شهور ·

فى أشجار المانجو و أصنافها المختلفة تصل نسبة تساقط الثمار غير تامة النضج حوالي ٩٨ % و يتبقى من الثمار العالقة بالأشجار حتي تنضج تماما حوالي ٢% و يمكن التغلب على نقص العقد لارتفاع التساقط بالاستخدام الامثل من نفثالين حمض الخليك أو مركب ل T– ٤، ٢ ·

أما عن دور الجبرللين فعند المعاملة به على ثمار التفاح فقد قل التساقط بنسبة ٢٠-٥٠ % وكانت المعاملة بعد ٦ أسابيع من تساقط البتلات الزهرية بتركيز ٢٥- 100جزء فى المليون غيرأن الجبرللين لم يعطى نتائج إيجابية أخرى فى منع تساقط كثير من الثمار للأنواع الأخرى ·

أشارت الأبحاث الأخيرة أيضا اثر B_9 فى منع التساقط أو التقليل منه بالتفاح عند الرش به بعد ثلاث أسابيع من التزهير وتساقط البتلات بتركيز ٢٠٥ جم / لتر·

الخف Thinning :

أمكن استغلال ظاهرة سقوط الأوراق أو الأزهار أو الثمار الطبيعية صناعيا وذلك بتحفيز او تسريع تكوين طبقة الانفصال لأحداث التساقط المبكر وذلك باستعمال الاوكسين أيضا فكما أن له دورا فى منع التساقط فقد وجد أن له أيضا دورا فى الإسراع من حدوث التساقط وهو تعديل التدرج الاوكسينى لصالح حدوث الانفصال · كما توجد بعض المحاولات لتقليل الإنتاج الثمرى للمحافظة على النوعية الثمرية لأشجار الفاكهة بإضافة حمض لجبريللين على الأشجار خارجيا فى وقت إحداث التنبية الزهرى Flower Induction لأزهار الموسم التالى والذى يسبب تقليل عدد البراعم الزهرية وتكشفها · إلا أن الهرمون يعمل على تشجيع النمو لخضرى على حساب النمو الزهري فى بعض الأشجار الخشبية · وعلية يفضل استخدام الأوكسينات مثل نفثالين حامض الخليك عقب العقد وتكوين الثمار الصغيرة كما فى التفاح والخوخ والعنب ، كما يفضل استخدام الأوكسين فى صورة نفثالين حمض الخليك أثناء العقد الثمرى لنبات العنب ، بينما يفضل استعمال حامض الجبريلليك قبل تفتح الأزهار للعنب لتقليل ظاهرة العناقيد المزدحمة ومنع تعفن الثمار مصحوبا باستطالة العناقيد وخفض نسبة العقد مما يسبب زيادة الإنتاج الثمري لكبر حجم الحبات العالقة حتي مركبات المورفاكتين و الأثيفون قد تستخدم لنفس الغرض السابق في أشجار العنب لأنها تعمل علي سقوط حبات أو ثمار العنقود لتقليل تراحمه مؤديا في النهاية الي كبر حجم الثمار المتبقية علي العنقود وقد وجد أن استخدام مركب الأيثيريل أثناء عقد الثمار لأشجار

الخوخ يعمل علي تقليل الثمار الناتجة مع زيادة أحجامها و أوزانها وتحسين صفاتها الطبيعية والكيميائية .

وجد أن استخدام محاليل الرش لمركب الأيثيرل (١٠٠٠ جزء في المليون) على أشجار الجوز قبل ميعاد الجمع الثمري بحوالي أسبوعين يؤدي الي سهولة القطف ميكانيكيا تبعا لدراسة Martin (1971) وأمكن تطبيق هذه الطريقة بنفس المركب السابق على أشجار التفاح والمشمش والبرتقال لتسهيل سقوط الثمار العالقة بالأشجار عندما تهز فروعها وسوقها مع استقبال الثمار الساقطة علي مشمعات من البلاستيك لتقليل الجروح الميكانيكية نتيجة عملية التساقط لذلك شاع استعمال بعض المركبات الكيميائية الصناعية مثل الأيثيرل، البيوتايل كابتاكس الآراجيرانين ،البيبوتيفوس وكلوريد المنجنيز للرش علي النبات خلال موسم الأزهار أو الأثمار لخف الأزهار والثمار للمحافظة علي الصفات الطبيعية والكيميائية للثمار المتبقية بشكل أفضل من حيث كبر الحجم وزيادة الوزن واللون وزيادة المحتوي السكري لتتناسب مع الذوق الاستهلاكي وفى القطن يتم إسقاط الأوراق صناعيا للتخلص من الأوراق لسهولة الجمع الميكانيكي . كما توجد فى بعض أشجار الفاكهة ظاهرة تعرف بالحمل المتبادل كما فى النخيل والمانجو والتفاح بأن تعطى الأشجار إنتاجا ثمريا مرتفعا فى عام ثم تنتج ثمارا قليلة فى العام التالى وهكذا ، ويتم التغلب على هذه الظاهرة بإزالة الثمار الصغيرة خلال أطوار نموها الأولى مما يؤدى الى الحصول على حمل متوسط الإنتاج بدلا من الإنتاج الثمري الثقيل . مع ملاحظة أن عملية الخف اليدوي للأزهار أو الثمار في أشجار الفاكهة لم تكن مجدية عمليا بل الأفضل استخدام وسائل الخف الكيميائي باستعمال المركبات الكيميائية مثل مركب داى نيتروارثوكريسول (DNOC)) Dinitroorthocresol لخف الأزهار لكل من التفاح والخوخ عندما ترش على الأشجار ذات الأزهار المتفتحة ، لأن عملية خف الأزهار أفضل من خف الثمار غير الناضجة .

ويمكن توضيح ميكانيكية عمل المركبات الصناعية و المـستخدمة فـي خـف الثمار لأشجار الفاكهة المختلفة نتيجة العوامل التالية :

أ- منع أنبات حبوب اللقاح و عدم تكوين الأنابيب اللقاحية فيها ٠

ب- إعاقة حركة و انتقال المواد الغذائية من الأوراق و باقي أجزاء النبات الي الثمار خلال مراحل تكوينها و نضجها ٠

ج- تشجيع تداخل النمو لكل من الجنين و الاندسبرم يـؤدي الـي ظهـور البـذور المختزلة٠

د- سرعة سقوط الثمار مباشرة ٠

مراجع مقترحة :

1- Ables, F.B. (1967): Mechanism of action of abscission accelerators. Physiol. Plant. 20: 442.

2- Addicott, F.T. and Lynch, R.S. (1951): acceleration and reterdation of abscission by indole- acetic acid. Science 114: 688.

3- Addicott, F.T. and Lynch, R.S. (1955): Physiology of abscission. Ann. Rev. Plant Physiol.6: 211.

4- Beyer, E.M. (1973): Abscission: support for a role of ethylene modification of auxin transport. Physiol. Plant. 52:1.

5- Sexton, R. and Roberts, J.A.(1982): Cell Biology of abscission. Ann. Rev. Plant Physiol. 33: 133-162.

الفصل الخامس عشر

الملوحة ومنظمات النمو

Salinity and Growth Regulators

مقدمة ·

تتجه الدولة والشعب المصري في الوقت الحاضر الى التوسع الأفقى فى الانتاج الزراعى باستصلاح الأراضى البكر التى لم تزرع بعد والواقعة فى المناطق النائية من الصحارى الغربية منها والشرقية، كما تهتم الحكومة حاليا بالعمل على تجفيف البحيرات المالحة والمطلة على الشواطئ البحرية بغية الاتساع فى الرقعة الزراعية معتمدة على الرى الصناعى من مياه الآبار الجوفية أو مياه الصرف الطبيعى بعد خلطه بمياه النيل العذبة أو مياه الصرف الصحى بعد تنقيته وتطهيره لتحقيق الثورة الخضراء والاكتفاء الذاتى من الحاصلات الزراعية دون اللجوء إلى الإستيراد وعدم الإعتماد على الغير فى الغذاء والكساء حتى الشفاء·

وبالنظر إلى منطقتنا الجغرافية ، نجد أن جمهورية مصر العربية تقع فى المناطق الجافة عامة وشبه الجافة خاصة لقلة أمطارها وإرتفاع درجة حرارتها على مدار العام عدا شهور الشتاء المعدودة ، مما ينتج من هذه المناخات أنواعا من الأراضى البور حتى المنزرعة منها التى تتميز بإحتواءها على تراكيز عالية من أملاح الصوديوم منها الكلوريدات والكبريتات مسببة بذلك ظهور نوع من الأراضى الملحية أو القلوية وإنتشارها فى الدلتا والوجه القبلى· حتى الأراضى الزراعية حديثة الإستصلاح والزراعة سواء أكانت رملية أوصفراء أوطينية والمعتمدة على الرى الصناعى المعروف حديثا الرى بالرش أو بالتنقيط قد يتسبب هذا النوع من الرى فى عدم تسرب الأملاح الذائبة إلىالطبقات السفلية من التربة الزراعية بل تعمل على تجميعها فوق سطحها أو حول جذوع الأشجار أو جذور النباتات نتيجة قلة ماء الرى المستخدم مسببا فى النهاية موت النباتات من حدوث التزهير الملحى لإرتفاع الحرارة الجويه ولعدم غسيل التربة بغمرها بالمياه الجارية أى الرى بالغمر · لذلك فعملية تركيز الأملاح فى الأراضى المختلفة ، والمسماة بالأراضى الضعيفة ، تعتبر إحدى المشاكل الهامة التى تهدد مصير الثورة الخضراء وعدم تحقيق وسائل الأمن الغذائى من الإنتاج النباتى سواء الحاصلات البستانية والنباتات الحقلية· كما أن الملوحة الزائدة

فى الأراضى الزراعية تمثل أهم العوامل الرئيسية التى تقلل الكفاءة الإنتاجية للنباتات الاقتصادية نتيجة تركيز أملاحها الضارة فى المحلول المائى للتربة وذلك للأسباب التالية:

أ- تراكم الضغط الأسموزى لمحلول التربة الزراعية لتوافر أملاح الصوديوم الكلوريدية أو الكبريتية تحت تركيزات مرتفعة مما تعيق الجذور لإمتصاص الماء والغذاء من الماء الأرضى.

ب- تراكم الأيونات بكميات مرتفعة إما لأحد أو أكثر من معدن من العناصر الغذائية ، ثم تجميعها داخل خلايا الأنسجة النباتية مسببة سمْيتها ثم موت النباتات عقب ذلك.

ت- إرتفاع الضغط الاسموزى لمحلول التربة مشاركا مع السمية الناتجة من الأيونات لأحد العناصر أو أكثر داخل النباتات مسببة نوعاً من الاختلال فى التوازن الغذائى.

ث- الاخلال فى الاتزان الهرمونى الذى يتحكم فى النمو مسبباً زيادة التركيز فى مستوى المانعات الطبيعية مثل حامض الأبسيسيك ونقص فى مستوى المنشطات الطبيعية مثل الجبريللينات والسيتوكينينات.

ج- التثبيط لعملية التمثيل الضوئى وعدم انتقال المكونات الأيضية والتمثيلية الى جميع خلايا أنسجة النبات.

بجانب ذلك فظاهرة ضعف النمو لجميع أفراد المملكة النباتية والنامية فى البيئة الملحية أو الوسط الملحى مع كلوريد الصوديوم أو كبريتاته، أو ضعف النمو النباتى، لايرجع الى تركيز هذه الأملاح الذائبة أو تراكمها فى محلول التربة الزراعية بل يعزى الى الضغط الازموزى الناشئ من زوبان هذه الأملاح فى الماء الأرضى الذى يؤثر بدوره على قلة أو ضعف النمو مع ظهور بعض الأعراض أو العلامات

الواضحة التى يمكن رؤيتها بالعين المجردة وتعرف بالأعراض الخارجية مورفولوجيا وأخرى لايمكن مشاهدتها لأنها تحدث داخل النباتات نتيجة الاختلال فى التوازن الهرمونى أو الغذائى أو كلاهما معا وتسمى بالتغييرات الداخلية كيميائياً ، إن هاتين الظاهرتين بنوعيهما قد تؤديان الى ذبول النباتات وجفافها ثم موتها فى النهاية.

فى السنوات الأخيرة ، أمكن التغلب على الآثار الضارة من البيئات الملحية فى الأراضى الضعيفة، والنامى فى وسطها النباتى الذى تتأثر بالضرر السيئ بفعل الملوحة المرتفعة من أملاحها الزائدة وذلك عن طريق بعض الوسائل مثل استخدام أحد أو أكثر من منظمات النمو الكيميائية بواسطة عملية النقع لبذور النباتات فى محاليلها وذلك قبل نثرها فى هذه الأراضى الضعيفة ، أو برش النباتات النامية بأحد أو أكثر من محاليل هذه المنظمات مثل الجبريللين أو السيتوكينين أو الأيثيريل (الأسيفون) أو السيكوسيل أو الآلار أو الفوسفون أما قبل ظهور العلامات الضارة من أجل الوقاية أو بعد ظهورها من أجل العلاج، بغية رفع الانتاجية لهذه النباتات من حيث المحصول الورقى أو الانتاج الزهرى أو الثمرى أو المنتجات الأولية الناتجة من هذه النباتات النامية فى البيئة الملحية للأراضى القلوية أو الملحية الضعيفة.

وعمليتى نقع البذور قبل الزراعة أو رش النباتات الكاملة بعد زراعتها بأحد محاليل المنظمات النمو الكيميائية ، تعتبر من أهم التطبيقات البيوتيكنيكية خاصة فى المناطق الحارة ذات الأراضى الملحية أو فى المناطق الزراعية الخصبة التى تروى صناعيا باستخدام أحدث وسائل الرى بالتنقيط أو بالرش التى تسرع أو تنشط لظاهرة أو لعملية التظهر الملحى المسئولة عن ضعف النباتات واحتراقها وذبولها ثم موتها. واستخدام منظمات النمو الكيميائية فى مثل هذه الظروف القاسية من الملوحة قد يهدف الى التغلب على فعالية التثبيط على النمو والانتاج لاحداث التأثير البيولوجى المعاكس بغية الوصول الى حالة النباتات لنموها الطبيعى اللازم لرفع كفاءتها حيوياً لكى تنمو تحت ظروف الملوحة المرتفعة أوغير الطبيعية دون حدوث أية أضرار سيئة على أعضاءها الخضرية أو الجذرية والثمرية ومحتواها الكيميائى المعدنى أو العضوى.

بناء على ماسبق، يجب القاء الضوء بصورة واضحة المعالم على التأثيرات الضارة للفعالية المثبطة من الملوحة والأخرى المنشطة المعكسة من الفعالية لمنظمات النمو الكيميائى وتأثيرهما المشترك على نفس النبات النامى وسط الظروف القاسية من الملوحة الطبيعية أو الصناعية، مع تحديد مدى الاستحابة للنباتات مورفولوجيا وكيميائيا للتأثير المتبادل والمشترك بين الملوحة ومنظمات النمو الذى يمكن تلخيص الفعالية لكل منهما وذلك على النحو التالى:

أ- فعالية الملوحة الضارة على النباتات :

يتم حدوث التأثيرات الضارة للملوحة القاسية للأراضى الملحية وإظهار فعاليتها السيئة على النباتات النامية فى وسط بيئتها وقد تطرأ على هذه النباتات الأعراض والعلامات للصفات التالية:

١- مقاومة النباتات

٢- النمو الخضرى والجذرى

٣- التركيب التشريحى

٤- المحتوى الكيماوى للمواد العضوية والعناصر المعدنية

ب - الفعالية المشتركة للملوحة ومنظمات النمو الكيميائية على النباتات :

يمكن حدوث التأثيرات المعاكسة على الفعالية الضارة للملوحة بواسطة المنشطات النافعة لمنظمات النمو الكيميائية على نفس النباتات ، النامية فى الوسط الملحى ، التى تنعكس عليها بالنفع والفائدة مبيناً ذلك تبعاً للصفات المذكورة سابقاً لفعالية الملوحة الضارة على النباتات ·

أ - فاعلية الملوحة الضارة على النباتات :

١- مقاومة الجفاف :

ثبت بالتجربة أن كثيراً من البذور، لأنواع مختلفة من النباتات المتباينة عائلياً، لاتنبت فى الملوحة عالية التركيز أو الأراضى الملحية نتيجة عدم مقدرة البذور حيوياً على الانبات بسبب تلف الأعضاء الجنينية عندما تصل تركيزات الملحية أكثر من ٤٠٠٠ جزء فى المليون على بذور البصل والفول البلدى على التوالى·

حتى النباتات كاملة النمو قد تتأثر هى الأخرى بالتأثيرات الضارة الناتجة من ملوحة الوسط التى تعيش تحت ظروفه لعدم تحملها التركيزات العالية من الملوحة الذائبة فى محلول البيئة المائى ، حيث أثبت Mandour وآخرون (١٩٧٩) أن نباتات الخلة الشيطانى لاتتحمل الملوحة أكثر من ٥٠٠٠ جزء فى المليون من كلوريد الصوديوم · والمستويات المرتفعة من الملوحة ٧٥٠٠ ، ١٠٠٠٠ جزء فى المليون قد تؤدى الى خفض النسبة المئوية للنباتات الحية والتى تتحمل الملوحة العالية وتبقى حية الى ٣٢% ، ٦٠% على التوالى وأضاف Tawfik (١٩٨٦) أن شتلات حشيشة الليمون لم تقاوم الملوحة تحت ظروف التركيزات العالية ٥٠٠٠-١٠٠٠٠جزء فى المليون المكونة من كلوريد الصوديوم وكلوريد الكالسيوم (١:١) حتى لمدة ٢٤، ١٦ أسبوع على التوالى وظهر على نموها الجفاف والموت الفعلى ، بينما أمكن الحصول على حشتين أو قطفتين للنباتات النامية تحت تركيزات منخفضة تصل الى ٢٥٠٠ جزء فى المليون وموت البذور أو البادرات الصغيرة حتى النباتات الكبيرة تحت ظروف الملوحة القاسية يعزى الى الضعف الازموزى لمحاولة الوسط البيئى الذى يعيق امتصاص البذور أو الجذور للماء والغذاء أو الى تراكم أملاح الوسط داخل أنسجتها الحية الى سميتها وموتها بسبب تراكم هذه الأيونات بداخل خلاياها ·

بجانب ذلك ، قد تبدوا من ظهور بعض العلامات أو الأعراض على أعضاء المجموع الخضرى الهوائى للبادرات والنباتات النامية وسط المحلول الملحى أو فى

الأراضى الملحية أو القلوية مرتفعة التركيزات من أملاح الصوديوم الكلوريدية والكبريتية أو أملاح الكالسيوم الكلوريدية ، وهذه الأعراض يمكن مشاهدتها بالعين المجردة مثل الأوراق الحديثة ذات اللون الأخضر الداكن محترقة حوافها وقمة نصلها ثم جفافها وموتها وتساقطها وتعرف بعلامات الضرر الصوديومى أو سقوط الأوراق وموت الفروع الغضة حديثة التكوين تبعاً لدراسة Gouch (١٩٤٤) ، Hayward (١٩٤٩) على نباتات الفاصوليا · حتى نبات الطماطم النامى وسط الملوحة المرتفعة تكون ضعيفة النمو الخضرى قليلة التفريع الجانبى مع ظهور بعض البقع الصفراء على الأوراق ثم ذبولها وتساقطها خاصة السفلية منها تبعا لدراسة Stevens وآخرون (١٩٦٣) ·

٢ - النمو الخضرى والجذرى :

من نتائج التجارب الحقلية والمعملية ، استخلصت البيانات الدقيقة على النباتات النامية فى الأراضى الملحية والبيئات الصناعية مرتفعة الأملاح الصوديومية والتى تثبت أن الملوحة تعمل على تقدم السوق الرئيسية وتقلل تكوين الفروع الجانبية حاملة أوراق قليلة العدد صغيرة الحجم و لمساحة مما ينعكس ذلك على النمو الخضرى والجذرى مسبباً ضعف كل منهما سواء فى الحجم أو الوزن لكثير من النباتات المختلفة تبعاً لدراسة كل من القمح والذرة والأرز والقطن والبصل والبامية والعنب والتيوليب والورد وحشيشة الليمون والنعناع والسكران المصرى والخلة الشيطانى ·

وتحت الظروف المصرية أعلن عن نفس السلوك فى الظواهر المورفولوجية السيئة نتيجة نمو الداتورة فى الوسط الملحى من كلوريد وكبريتات الصوديوم مبيناً تأثيرها على النمو الخضرى والجذرى·

وتفسير فعالية الملوحة الضارة على النمو الخضرى والجذرى للنباتات النامية تحت ظروفها القاسية ترجع الى واحد أو أكثر من العوامل التالية:

أ- منع النشط المرستيمى ووقف استطالة الخلايا فى القمم النامية منعكسا ذلك على تقزم النباتات.

ب- منع النشاط المرستيمى للقمم النامية والانسجة المرستمية مثل البراعم الجانبية وعدم تكشفها بتجويلها الى نموات خضرية مثل الفروع او زهرية مثل الازهار والنورات.

جـ - منع النشاط الكامبيومى فى كل من السوق والجذور الذى يسبب عدم زيادة السمك فىكل منهما،مع عدم زيادة حجم الخلايا المرستيية الحديثة ومنع تحويلها الى الخلايا البالغة البرنشيمية منعكساً ذلك على ضعف النمو العام للنباتات .

د - عدم إنتظام النشاط المرستيمى نتيجة لنقص الماء فى داخل النباتـــات أو لعـــدم الاتزان المعدنى أو لعدم امتصاص الغذاء العنصرى واستغلاله فـــى عمليـــات التمثيل والأيض .

و- تداخل الأنيونات مثل الكلوريدات والكاتيونات مثل الصوديوم فى عملية التنظيم للجهاز الثغرى فى فى الأوراق النباتية ومعاكستها فى عملية القفل للثغور مسببة لذلك زيادة الفقد فى الماء الداخلى الى خارج النبات ممايساعد ذلك على ظهور أعراض الجفاف مثل الذبول .

٣ - التركيب التشريحى لأعضاء النبات :

أ - العروق الوسطية للأوراق :

تعمل الملوحة العالية ذات التأثير المعنوى على نقص عدد الأذرع الخشبية وضيق أوعيتها الناقلة حتى عناصر اللحاء الداخلية هى الأخرى قد يقل عددها فى العروق الوسطية لأوراق النباتات النامية فى الوسط الملحى . وهذا النقص فى عناصر الأوعية الناقلة لكل من الخشب واللحاء يعزى الى انخفاض النشاط الكامبيومى وصغر

حجم الخلايا البالغة منعكساً ذلك على نمو الورقة مسبباً صغر حجمها وقلة مساحتها ووزنها فى النباتات النامية تحت ظروف البيئة الملحية مرتفعة التركيز من الأملاح ٠

ب - نصل الورقة الخوصية :

زيادة سمك الطبقة العمادية والأخرى الاسفنجية المكونة للنسيج الوسطى للورقة مما ينعكس على سمك النصل فيصير كبيراً نتيجة غزارة الفراغات البينية فى الطبقة الاسفنجية مع كبر حجم الخلايا وتثبيط الانقسام الخلوى على أوراق نباتات الدخان والخروع والداتورة والنامية فى وسط ملحى شديد ٠

جـ - الجذور :

صغر حجم الاسطوانة الوعائية لقلة إتساع قطرها مسببة نقصاً فى عدد عناصر اللحاء والخشب فى الجذور الثانوية على نباتات الطماطم والداتورة ، وهذا النقص فى الأوعية الناقلة فى الجذور يعزى الى فعالية الملوحة الضارة التى تعمل على تثبيط النشاط الكامبيومى الذى يسبب بدورة تقليل التكشف للأنسجة الناقلة أو التوصيلية منعكساً ذلك على صغر حجم الجذور وخفض وزنها وقصر طولها ٠

د - السوق :

زيادة قطر السلاميات ، وسمك طبقة القشرة لاتساع قطر خلاياها البارانشيمية، وإتساع قطر الحزم الوعائية خاصة اللحائية مع كثرة عددها ٠

٤ – المحتوى الكيميائى للمواد العضوية والعناصر المعدنية :

أ – المواد العضوية :

وهى المواد التى يقوم النبات بتمثيلها داخلياً وأهم مكوناتها هى : الصبغات الخضراء ، السكريات ، الأحماض الأمينية ، الفينولات ، الزيوت العطرية ، القلويدات.

١ – الصبغات الخضراء : جميع النباتات التى تنمو فى البيئات الملحية مرتفعة التركيز من الأملاح الصوديومية تصغر أوراقها نوعاً نتيجة قلة المحتوى من الكلوروفيل فى أوراق الخس والكرنب ، والموالح ، والطماطم . نقص الصبغات الخضراء فى الأوراق يعزى الى عدم إحتواءها على عنصر الحديد الكافى لدخوله فى تركيب الكلوربلاستيدات ، المسؤولة عن تخليق وإنتاج البروتينات حيث الملوحة تعميق امتصاص الجذور لهذا العنصر من محلول التربة . أن أنيونات الأمونيوم التى تتركز نتيجة تجميعها فى الأوراق قد تعمل على تكسير الكلوروفيل من خلال تهشيم البلاستيدات وتهتكها لوجودها فى نصل أوراق النباتات النامية فى وسط بيئى مرتفعاً فى أملاحه الأمونيومية منها : نترات الصوديوم . أن عملية التمثيل الضوئى قد تقل كفاءتها بصورة معنوية تصل الى ١٠% فى النباتات النامية فى وسط ملحى لصغر حجم أوراقها وقلة مساحتها الكلية عند مقارنتها بالنباتات العادية والنامية فى وسط متعادل ، لأن الأوراق الخضراء تعتبر المركز الرئيسى لهذه العملية الحيوية فى النباتات الخضراء .

٢ – السكريات : نتائج الدراسات القديمة تبرهن على أن الملوحة قد تعمل على تنشيط تراكم المواد الكربوهيدرات الكلية فى النباتات النامية فى البيئة الملحية. كما وجد أن السكريات الذائبة والمختزلة تتزايد كل منهما كميا فى النبات كلما إرتفع مستوى التركيز الملحى فى البيئة ووجد أن إرتفاع معدل السكروز والسكريات الذائبة فى نباتات الشعير نتيجة تراكم المواد الكربوهيدراتية مرتبطاً بتحكم الأملاح فى داخل الأنسجة النباتية مع تداخل كل منهما للمحافظة على تركيزهما داخل الخلايا مما ينتج

من هذا التلازم عدم حركة كل منهما من نسيج الى آخر بالرغم من استمرار عملية التمثيل الضوئى عندما تنمو النباتات فى بيئة ملحية أو وسط غذائى مركز. إن محصلة النمو الخضرى تكون منخفضة ، فى حين معدلات التمثيل ثابتة فى معدلها مما ينعكس ذلك على تراكم الكربوهيدرات المتبقية بتركيز مرتفع ، لأن النباتات العادية ، أو الطبعية والنامية فى الأراضى المتعادلة أو القوية الخصوبة ، قد تقل فى أنسجتها المستوى الكربوهيدراتى بصورة سريعة لاستخدامه فى تكوين الخلايا الجديدة وإنتاج النموات والفروع الخضرية والدخول فى عمليات التمثيل الأخرى لتكوين المواد الأولية ذات المسارات الكيميائية المعقدة مثل الجليكوسيدات والزيوت العطرية. وأن نباتات المراعى النامية فى البيئة الطبيعية والمضاف اليها أسمدة صوديومية فى صورة تسميد ورقى أو أرضى مما يجعلها تنتج كميات منخفضة من النشا لتحويله الى السكريات الذائبة وخاصة السكروز. إلا أن الملوحة تعمل بصفة عامة على تقليل مستوى السكريات الأحادية وتركيز السكريات الثنائية. حتى اختفاء الأولى مثل الجلوكوز وتراكم الثانية مثل السكروز.

٣ – الأحماض الأمينية : أثبتت الدراسات القديمة أن الملوحة تقوم بفعاليتها الضارة على خفض المستوى النتروجينى الكلى فى أعضاء النباتات المختلفة على نباتات الفاصوليا والبسلة والأرز.

وحديثاً وجدت النباتات النامية فى الوسط الملحى تحتوى على كميات مرتفعة من الأحماض الأمينية الحرة والأمينات، إلا أن جزءاً من هذه المواد النتروجينية تمثل مصدراً ضاراً فى النباتات نتيجة فعاليتها السمية الذى يعمل على منع النمو على القمح والشعير وعلى قصب السكر.

ومن أهم خصائص الملوحة الأرضية هى: العمل على سيادة بعض الأحماض الأمينية فى النباتات دون البعض الآخر، وعلى رأسها حامض البرولين الذى يزداد تبعاً لارتفاع معدل الملوحة كما فى الأرز والكافور وحشيشة الليمون.

ب – الفاعلية المشتركة للملوحة ومنظمات النمو على النباتات :

من المعروف علمياً أن الملوحة الطبيعية أو الصناعية فى الأوساط البيئية التى تنمو فيها النباتات المختلفة تتميز بالفعالية الضارة التى تعمل على وقف النمو الخضرى والجذرى نتيجة تأثير الملوحة بيولوجياً على منع أو تثبيط المنشطات الطبيعية للنمو مثل الجبريللينات والسيتوكنينات متلازمة مع تنشيط المناعات الطبيعية للنمو مثل: حامض الأبسيسك منعكساً تأثيره على ضعف النباتات لخفض نموها خضريا وجذريا. ومن أهم التطبيقات الزراعية المفيدة فى الانتاج النباتى هى الغاء التأثيرات الضارة لفعالية الملوحة أو الوسط البينى للأراضى الملحية والقلوية ذات الأثر السئ على نمو النباتات النامية تحت ظروفها القاسية عند معاملة المجموع الخضرى بأحد أو أكثر من محاليل منظمات النمو الكيميائية فى صورة محاليل للرش الخضرى لاستئناف نشاطها الطبيعى فى النمو العادى دون أن يتأثر انتاجها المحصولى أو الثمرى لنموها فى الوسط الضار الملحى.

لذلك يجب توضيح الفاعلية النافعة لمنظمات النمو الكيميائية نتيجة الغاء الفاعلية الضارة لملوحة الوسط البيئى أو للأراضى الملحية على النباتات التى تعيش تحت ظروفها القاسية، مبيناً مظاهر النفع والفائدة على الصفات الموروفولوجية والتشريحية والكيميائية للنباتات المعاملة لمنظمات النمو والنامية فى الوسط الملحى كما يلى:

١ – مقاومة الجفاف :

البذور التى لاتنبت فى الأراضى الملحية أو الوسط الملحى من كلوريد الصوديوم أو كبريتات الصوديوم أو كلوريد الكالسيوم، يمكن انباتها ورفع حيويتها عندما تنقع لمدة ١٢–٢٤ ساعة فى محلول حامض الجبريلليك قبل زراعتها فى البيئات الملحية للتغلب على الآثار السيئة لتركيز أملاح الوسط المائى. وأن منع الانبات لبذور الخس فى الوسط البيئى المحتوى على المانيتول (٠.١٥ ضغط أسموزى) قد ترتفع حيويتها

بإنباتها سريعاً عندما تنقع فى محلول الجبريللين (٢٥-٥٠ جزء فى المليون)· ولمدة لاتقل عن ١٢ ساعة·

حتى البادرات والشتلات والنباتات الكاملة قد تموت سريعاً بعد إنباتها بفترة قصيرة أو طويلة نتيجة الأثر السيئ لملوحة الوسط، حيث يمكن التغلب على هذه الآثار الضارة والمميته عند استخدام محاليل منظمات النمو الكيميائية· على سبيل المثال، أن بادرات الخلة الشيطانى يمكن تحملها لمقاومتها للملوحة عندما تروى بماء الرى الذى يحتوى على ٥٠٠٠ جزء فى المليون من كلوريد الصوديوم، والى حد ما حتى ٧٥٠٠ جزء فى المليون، الا أن معاملة البادرات رشاً بمحلول السيكوسيل (١٠٠٠ -٢٠٠٠ جزء فى إلمليون) لزيادة مقاومة هذه النباتات ورفع عدد النباتات المتبقية دون حدوث أى تأثير مميت عليها حيويا · وأن منظمات النمو لم تعطى تحسناً لمقاومة نباتات حشيشة الليمون للتركيز المرتفع ١٠٠٠٠ جزء فى المليون من كلوريد البوتاسيوم وكلوريد الكالسيوم (١:١) فى الوسط البيئى لأن ذلك أدى الى موتها جميعاً، بعكس ظهور بعض المقاومة لهذه النباتات تحت تركيز ملحى ٥٠٠٠ جزء فى المليون عندما ترش بمحلول الجبريللين أو السيكوسيل أو الكينيتين بتركيز ١٠٠٠ ، ٥٠٠ ، ٥ جزء فى المليون على التوالى·

٢ - النمو الخضرى والجذرى :

التأثير الضار والمثبط لنمو النباتات المختلفة والنامية تحت الظروف القاسية من الملوحة يمكن ارجاعها الى عدم مقدرة هذه النباتات على الماء بصورة كافية من أجل الارتواء والغذاء نتيجة الفعلية المعاكسة لملوحة الوسط من الأيونات المسببة لارتفاع الضغط الأسموزى أو سميتها لتراكمها فى خلايا الجذور مسببة نوعاً من الخلل الداخلى فى عدم تحمل النباتات من امتصاص الماء ومابه من غذاء معدنى مما ينعكس بالضرر على خطوات التمثيل والأيض العضوى فى النباتات نفسها كما يؤيد ذلك أن عملية تحطيم وتكسير الكلوروفيل والبروتين تكون سريعة فينخفض مستوى كل منها مع

إرتفاع معدل الأحماض النووية خاصة الريبونيوكليك فى أوراق الفاصوليا النامية فى الوسط الملحى لكلوريد الصوديوم (٤ ضغط جوى).

ويمكن التغلب على الضرر السيئ من نمو النباتات تحت ظروف قاسية من الملوحة باستخدام أحد منظمات النمو الكيميائية التى تمثل أهم التطبيقات الزراعية لالغاء الآثار الضارة الناجمة من فعالية الأراضى الملحية أو القلوية لزيادة المحصول والانتاج فى النباتات الاقتصادية، وذلك على النحو التالى:

أ- حامض الجبريلليك : من الدراسات المصرية ، أن نباتات اللوبيا النامية تحت ظروف بيئة من الوسط الملحى مع حامض الجبريلليك النامية فى ظروف عادية خالية الملوحة مع حامض الجبريلليك قد تعطى النباتات فى كل الوسطين نمواً واضحاً لكل من المجموع الخضرى أو الجذرى محتوية على كميات قليلة من المواد السكرية الذائبة الكربوهيدرات المعقدة. وأن حشيشة الليمون النامية فى الوسط الملحى من كلوريد الصوديوم وكلوريد الكالسيوم (١:١) والمعاملة رشا بحامض الجبريلليك (١٠٠ جزء فى المليون) قد تستطيل ارتفاعها طوليا وتزداد أوراقها الشريطية، دون أن يؤثر هذا الهرمون المنشط بالغاء الأثر المثبط على نقص الوزن الخضرى الطازج والجاف لهذه النباتات.

بجانب ذلك ، أن حبوب القمح المنقوعة فى محلول حامض الجبريلليك (٢٠٠ جزء فى المليون) وزراعتها فى بيئات ملحية (١٢ مئليموز) قد تعطى نباتات مرتفعة القياسات الخضرية والثمرية. بينما برهن أن حامض الجبريلليك يقوم بتأثيره المنشط على إستطالة النمو وكبر حجم البذور لسلالتين من البسلة دون أن يؤثر على عدد الأوراق والمادة الجافة والأزهار عندما تنمو هاتان السلالتان فى الوسط الملحى .

ب - الأوكسين : ثبت بالتجربة أن البذور النباتية المنقوعة لمدة ٢٤ ساعة فى محاليل الأوكسينات خاصة إندول حامض الخليك (١ر٠ ٠ر١ جزء فى المليون) قد تنبت سريعاً وينشط نموها الجذرى كما فى بذور القمح والذرة والشوفان والترمس

والبسلة والفول · وقد لاحظ عند نقع حبوب القمح فى محلول اندول حامض الخليك (٠،١-٠،٧ جزء فى المليون) لمدة ٢٤ ساعة ثم زراعتها فى وسط ملحى من كبريتات الصوديوم ٦% ، والنتائج المتحصل عليها تشير الى تقزم الجذور الرئيسية مع التغلب على الآثار الضارة بفعل الملوحة بواسطة الأوكسين الممتص بالبذور مما يزيد من انتاجها الثمرى ؛ ويستنتج ان الأوكسينات لها تأثير مزدوج على نشاط الجذور من حيث استطالة الجذور الثانوية والتغلب على الأثر المثبط بفعل الملوحة منعكسا ذلك على النمو والانتاج ·

جـ -السيتوكينين : أثبتت التجارب الحقلية والمعملية أن نقص الماء فى النباتات المعرضة لعوامل العطش والجفاف أو الملوحة العالية قد يؤدى الى خفض النشاط الحيوي لتكوين السيتوكينينات فى عصارة الجذور لكثير من النباتات مثل عباد الشمس والدخان ويعزى الى عدم انتقال الستوكينينات من الجذر الى الورقة · وأمكن التغلب على فعالية الملوحة (٢ر٠ -٤ر٠%) المؤثرة بالضرر على نمو نباتات الداتورة *D. innoxia* عند إضافة محلول الكينيتين (١-٥ جزء فى المليون) رشاً على المجموع الخضرى هوائياً مما يزيد من حجم الأوراق وثقل أوزانها ، ويعزى ذلك الى تحسين التوازن الهرمونى من منشطات النمو وخفض مانعات النمو فى الأنسجة الورقية مسبباً فى زيادة إنقسام الخلايا وإنتاج المواد الأيضية المختلفة كما تلاحظ أن كلوريد الصوديوم المكون الرئيسى لمحلول التربة النامى فيها نبات الفاصوليا قد يساعد على دخول الأوراق لشيخوختها سريعاً ، وعند إضافة الكينيتين الى أوراقها قد يفيد فى تاخير الشيخوخة · وفى مصر وجد أن معاملة نباتات حشيشة الليمون النامية فى وسط ملحى والمعاملة رشاً بالكينيتين تزداد استطالتها وتكثر خلفاتها تماماً كما فى نباتات الداتورة لارتفاع سوقها وكثرة أوراقها نتيجة دفع الستوكينين الى سرعة ونشاط الانقسام فى الخلايا النباتية·

د - الايثيلين : عندما تعامل بعض النباتات المختلفة بمنظمات النمو الكيميائية مثل الأيثيريل Ethrel أو الأثيفون Ethephone (١٠٠ جزء فى المليون) رشاً على

مجموعها الخضرى والنامية فى وسط ملحى ١ر٠ – ٢ر٠ % ، قد تتغلب على الأثر المثبط لنمو بفعل الملوحة وذلك بإستطالة سوقها وكثرة تفريعها وثقل وزنها الخضرى والجذرى كما فى نباتات الجيرانيوم ، السكران المصرى والجلاديولس والداتورة ، بينما لايستطيع الاثيفون على ازالة الفاعلية الضارة للوسط الملحى ٤ر٠% عندما تنمو نباتات الداتورة فى هذه البيئة القاسية من الملوحة · والزيادة المعنوية الناتجة من فعالية هذا المنظم الكيميائى فى القياسات الخضرية للنباتات المعاملة منفردة أو مجتمعة مع هذا الوسط الملحى تعزى أساساً الى أن الاثيفون يشجع عمليات البناء بصورة معنوية عن عمليات الهدم لمكونات الأيض الناتجة من عمليات التمثيل·

هـ – السيكوسيل : من التجارب الحقلية والنتائج العلمية ، أن السيكوسيل يمثل أحد منظمات النمو الكيميائية والناتجة صناعياً ذات الفعالية المثبطة بيولوجياً على تقزم النباتات لقصر سلامياتها مع زيادة التفريع الجانبى لالغائة للسيادة القمية ، كما يزيد من الوزن الكلى للمجموع الخضرى ويرفع الانتاج الثمرى لكثير من الحاصلات النجيلية والنباتات الأخرى ·

وبالنسبة لالغاء السيكوسيل الفعالية الضارة على النباتات لنموها فى البيئة الملحية ، أثبتت الدراسات المصرية أن نباتات الداتورة المعاملة رشاً بالسيكوسيل والنامية فى الوسط الملحى (١ر٠ – ٤ر٠%) قد تتحمل الأضرار الناشئة من التأثيرات المثبطة للملوحة نتيجة الزيادة فى وزن سوقها ومجموعها الخضرى والجذرى · كما أن إنزيمات Catalase, cytokinase, ATP-ase قد تزداد فعاليتها بيولوجيا فى أوراق النباتات المعاملة بالسيكوسيل والنامية فى ظروف قاسية من الجفاف والعطش مماتساعد على توفير الماء والمحافظة على العلاقات المائية لاستمرار عمليات التمثيل والأيض والهدم لأنها تعمل على قفل الثغور أو العمل على عدم إتساع فتحاتها عند إستعمال هذا المثبط على نبات الطماطم تحت الظروف القاسية من العطش والجفاف ومعاملة نباتات الخلة الشيطانى بسيكوسيل (٢٠٠٠ – ٤٠٠٠ جزء فى المليون) والنامية فى وسط ملحى (٥٠٠٠ جزء فى المليون من كلوريد الصوديوم) قد يساعدها على تحمل الملوحة دون

ظهور أية أعراض فسيولوجية على أعضائها ، الا اذا زرعت فى بيئة ملحية عالية التركيز تفوق ٧٥٠٠ جزء فى المليون ، مع ملاحظة أن النباتات المعاملة بالسيكوسيل (٢٠٠٠ جزء فى المليون) والنامية تحت ظروف الملوحة العالية (٧٥٠٠ جزء فى المليون) قد تحسنت نمواتها الخضرية والثمرية أكثر من معاملاتها بالتركيزات المنخفضة من السيكوسيل ، ويعزى الى نشاط هذا المثبط الصناعى على زيادة امتصاص الماء بواسطة جذور الخلة الشيطانى مما يساعدها على مقاومتها للتأثير السام لملوحة الوسط البيئى.

مراجع مختارة

1- Aldesuquy, H. S. (1998): Effect of seawater salinity and gibberellic acid on abscisic acid, amino acids and water - use efficiency by wheat plants. Agrochimica 42: 147-157.

2- Aldesuquy, H. S. and Ibrahim, A. H. (2001): Water relation, abscisic acid and yield of wheat plants in relation to the interactive effect of seawater and growth bioregulators. Agronomy & Crop Science 187: 185-193.

3- Apse, M. P.; Aharon, G. S.; Snedden, W. A. and Blumwald, E. (1999) : Salt tolerance conferred by over expression of vacuolar Na+/H+ antiport in Arabidopsis . Science 285:1256-1258 .

4- Boston, R. S.; Viitanen, P. V. and Vierling, E. (1996) : Molecular chaperones and protein folding in plants . Plant Mol. Biol 32:191-222 .

5- Bray, E. A.; Bailey-Serres J. and Weretilnyke, E. (2000) Responses to abiotic stresses . In Biochemistry & Molecular Biology of Plants, B. Buchanan, W. Gruissem, and R. L. Jones (eds.), American Society of Plant Physiologists, Rockville, MD, pp. 1158-1203 .

6- Bressan, R. A.; Nelson, D. E.; Iraki, N. M.; Larosa, P. C.; Singh, N. K.; Hasegawa, P. M. and Carpita, N. C. (1990) : Reduced cell expansion and changes in cell wall of plant cells adapted to NaCl . In Environmental Injury to Plants, F. Katterman, ed., Academic Press, New York, pp. 137-171 .

7- Buchanan, B. B.; Gruissem, W. and Jones, R. eds. (2000) : Biochemistry & Molecular Biology of Plants . American Society of Plant Physiologists, Rockville, MD.

8- Burssens, S.; Himanen, K.; Van de Cotte, B.; Beeckman, T.; Van Montagu, M.; Inze, D. and Verbruggen, N. (2000) : Expression of cell cycle regulatory genes and morphological alteration in

response to salt stress in *Arabidopsis thaliana* . Planta 211:632-640 .

9- Davies, W. J.; Wilkinson, S. and Loveys, B. (2002) : Stomatal control by chemical signaling and the exploitation of this mechanism to increase water-use efficiency in agriculture . New Phytol .153:449-460 .

10- Drew, M. C. (1997) : Oxygen deficiency and root metabolism : Injury and acclimation under hypoxia and anoxia . Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 48:223-250.

11- Drew, M. C.; He, C. J. and Morgan, P. W. (2000) : Programmed cell death and aerenchyma formation in roots . Trends in Plant Science 5:123-127 .

12- Guy, C. L. (1999) : Molecular responses of plants to cold shock and cold acclimation . J. Mol. Microbiol. Biotechnol. 1:231-242 .

13- Hartung, W.; Wilkinson, S. and Davies, W. J. (1998) : Factors that regulate abscisic acid concentrations at the primary sites of action at the guard cell . J. Exp. Bot. 49:361-367 .

14- Hasegawa, P. M., Bressan, R. A., Zhu, J. K., and Bohnert, H. J. (2000) : Plant cellular an molecular responses to high sa,inity . Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 51:463-499 .

15- Hong, S. W. and Vierling, E. (2000) : Mutants of Arabidopsis thaliana defective in the acquisition of tolerance to high temperature stress . Proc. Natl. Acad. Sci. USA 97:4392-4397 .

16- Kawasaki, S.; Brochert, C.; Deyholos. M.; Wang, H.; Brazille, S.; Kawai, K.; Galbraith, D. W. and Bohnert, H. J. (2001) : Gene expression profiles during the initial phase of salt stress in rice . Plant Cell . 13:889-906 .

17- Queitsch, C.; Hong, S. W.; Vierling, E. and Lindquist, S. (2000) : Heat shock protein 101 plays a crucial role in thermotolerance in Arabidopsis Plant Cell 12:479-492

18- Sauter, A.; Davies W. J.; and Hartung W (2001) : The long distance abscisic acid signal in the droughted plant : The fate of the hormone on its way from the root to the shoot . J. Exp. Bot. 52:1-7 .

19-Shi, H.; Ishitani, M.; Kim, C. and Zhu, J. K. (2000) : The *Arabidopsis thaliana* salt tolerance gene SOS1 encodes a putative Na+/H+ antiporter . Proc. Natl. Acad. Sci. USA 97:6896-6901 .

20- Shinozaki. K. and Yamaguchi-Shinozaki, K. (2000) : Molecular responses to dehydration and low temperature : Differences and cross-talk between two stress signaling pathways . Curr. Opinion in Plant Biol. 3:217-223 .

الفصل السادس عشر

الجفاف

Drought

مقدمة :

يقصد بالجفاف نقص ماء التربة الميسور الذي يؤدي إلى نقص كمية الماء الداخلي للنبات بدرجة تقلل من نموه · وبالرغم من أن ضرر الجفاف يسببه أساسا نقص ماء التربة ألا أن الضرر يزداد بالعوامل الجوية المختلفة مثل درجة الحرارة المرتفعة والرطوبة المنخفضة والرياح التى تزيد من سرعة النتح التي تعجل بدورها من حدوث نقص الماء الداخلي·

وهناك نوع آخر من الجفاف هو الجفاف الفسيولوجي Physiological Drought ينتج فيها نقص ماء النبات الناتج عن برودة التربة أو ارتفاع الضغط الاسموزي للمحلول او حدوث الغرق وقلة امتصاص الأوكسجين اللازم للتنفس والامتصاص فيقل بذلك امتصاص الماء رغم توفرة فى التربة حيث يعانى النبات الجفاف لعدم قدرته على امتصاصه·

وقد وضعت عدة تفسيرات لتحمل ومقاومة النبات للجفاف نورد منها الأتي : الرأي الأول لتفسير مقاومة النباتات للجفاف هو أن سرعة فقد الماء في تلك الأنواع تكون منخفضة لقلة الماء المفقود بالنتح ولكن هذا الرأى انتقد حيث أن كثير من النباتات التي تتحمل الجفاف تنتح بسرعة إذا ما زودت بالماء وبذلك يبدو أن انخفاض سرعة فقد لماء في تلك الأنواع يعزي أساسا لنقص كمية الماء الموجودة أصلا والميسورة للنبات·

اتجه الرأي الى أن العامل الأساسي في مقاومة الجفاف هو مقدرة البروتوبلازم علي تحمل الجفاف وليس الصفات التركيبية التي تقلل من فقد الماء ويوجد اتجاه لقبول الراي بأن سبب مقاومة الجفاف يرجع لعدة عوامل منها تلك العوامل التي تؤجل جفاف البروتوبلازم بالإضافة إلى تلك العوامل التي تزيد من مقدرته علي تحمل الجفاف·

يحدث الجفاف في كل حالات المناخ فتسبب فترة قصيرة غير ممطرة في المناطق الرطبة اثر فترة طويلة في مناخ شبه جف ولا يتسبب الجفاف عن قلة المطر

فحسب فقد تسبب الحرارة المرتفعة جفاف المناخ بسبب حاجة النبات بدرجة كبيرة الى الماء لذلك تعمل الطرق الإحصائية المستعملة لكفاءة المطر فى انواع المناخ المختلفة كأساس لقياس جفاف الجو.

أنواع ودرجات المقاومة للجفاف :

يمكن تقسيم انواع ودرجات المقاومة للجفاف الي ما ياتي :-

١ - بعض النباتات لا تتحمل الجفاف وتتأثر بسرعة او تموت بمجرد نقص الماء وذلك لأنها سريعة الجفاف مثل نباتات الظل .

٢ - نباتات كالصبار وغيرها من النباتات العصارية تختزن كميات كبيرة من الماء وفى نفس الوقت يفقد منها الماء ببطء لصغر سطحها الى حجمها وسمك الكيوتين وقلة الثغور فتكون مقاومتها للجفاف عالية.

٣ - نباتات تتحمل الجفاف لان بروتوبلازم خلاياها يمكن تجفيفه بدون حدوث ضرر مستديم مثل الحزازيات وبعض النباتات البذرية .

٤ - نباتات ذات مقدرة معتدلة او محدودة لمقاومة الجفاف مصحوبة بميزات تركيبية تقلل من سرعة فقد الماء حيث تزيد الماء الممتص وبذلك تؤجل حدوث نقص حرج فى الماء الداخلي وتضم هذه المجموعة معظم المحاصيل

التوازن المائي فى النباتات : Water balance in plants

من المعتقد أن النباتات البدائية قد نتجت فى البحار حيث لا يوجد نتح ولا ذبول ولا جفاف وحدثت الملائمات التى تيسر التوازن بين الفقد وامتصاص الماء فى اتجاهين:

أ - تكوين الأغطية غير المنفذة حيث يعيق السوبرين والكيوتين فقد الماء من سطح الورقة كما يمنع تبادل الغازات ولكن أمكن التغلب على هذه الصعوبة عن

طريق الثغور والعديسات.

ب - توفر الجذور ذات القدرة الفائقة على سحب الماء .

- لا يجب أن ينظر لوظيفة الثغور على أنها تعمل على فقد الماء ولكن هذا الفقد أمر لابد منه عند نتحها لتسمح بتبادل الغازات $CO_2 + O_2$ للنتح فائدة أخرى فهو يرفع معدل صعود المواد الغذائية المعدنية لأجزاء النبات ولكن إذا حدث النتح بدرجة أعلى اللازم كان آثره سيئا على النبات فتفقد الخلايا ضغطها الابتدائي وتتعطل الوظائف المعتادة للبروتوبلازم .

- قد تسبب زيادة النتح بدرجة كبيرة تجفيف البروتوبلازم لأقل من الحد الأدنى الذي يسمح ببقائه حيا ويتغير معدل النتح بتغير القوة التبخيرية للهواء التى يحددها نقص تشبع الهواء ودرجة تشبع انسجة الورقة بالماء التى تؤثر على فتح الثغر وقدرة غرويات البروتوبلازم على إعطاء الماء واستجابة الخلايا الحارسة للضوء الذي يعمل على فتح الثغور وزيادة نفاذية البروتوبلازم.

- تعرف النسبة بين امتصاص الماء بواسطة الجذور وفقده من خلال المجموع الخضري (بالتوازن المائي للنبات) وتوجد مظاهر خارجية وأخرى داخلية للتوازن المائي بالنبات والمظاهر الخارجية هي كمية الماء المتاح للأعضاء الماصة والعوامل التى تساعد على زيادة النتح وينخفض المحتوى المائي لدرجة قد تصل الى ٤٠% من الوزن الرطب فى بعض النباتات فى المناطق الجافة ويحدث عكس ذلك فى الليل فينعكس اتجاه توازن الماء لدرجة قد تصل به الى الإدماج .

- يظهر أن تركيب النباتات يتأثر بظروف التوازن المائي أثناء نموها اكثر من تأثيرها بأي عامل آخر للبيئة وتتميز النباتات النامية تحت ظروف غير ملائمة للتوازن المائي بالخصائص الآتية:

مظاهر تركيبية :

أ - اختزال حجم المجموع الخضري.

ب - زيادة حجم المجموع الجذري .

جـ - صغر حجم خلايا الأوراق وصغر مساحة النصل وصغر حجم الثغور وزيادة عدد الشعيرات فى وحدة المساحة .

د - سمك الأدمة وجدر الخلايا وزيادة كمية الليبيدات على الأسطح .

هـ - تكون جيد للنسيج العمادى وضعف تكوين النسيج الإسفنجي.

و - صغر المسافات البينية.

ز - صغر نسيج الخشب وزيادة نسبة الأنسجة الملجننة.

مظاهر وظيفية :

١ - معدل سريع للنتح لوحدة المساحة رغم قلة النتح .

٢ - معدل سريع للبناء الضوئي بالنسبة لوحدة المساحة.

٣ - نسبة قليلة للنشا : السكر.

٤ - ضغط أسموزى مرتفع.

٥ - لزوجة [illegible]

٦ - ارتفاع نفاذية البروتوبلازم ٠

٧ - زيادة نسبة الماء الموجودة بوحدة الوزن الجافة للأنسجة٠

٨ - أزهار واثمار مبكر٠

تحسين التوازن المائي للنباتات المنزرعة : .

من الممكن تحسين التوازن المائي للنباتات المنزرعة بالطرق الآتية:-

١- زيادة الماء بالري وتقليل معدل البخر بإضافة القش او الملش بالبولى اثيلين وعمل مصدات الرياح او تقليل مساحة الأوراق بالتقليم أو إضافة مادة دهنية شمعية لتقليل النتح٠

٢- زيادة مقاومة النباتات للجفاف بتربية سلالات مقاومة للجفاف وزيادة المدة الزمنية بين فترات الري لتكوين الجذور العميقة الباحثة عن الماء فينتج عن تلك المعاملات فى البروتوبلازم تزيد من مقاومته للجفاف٠

مقاومة الجفاف Drought resistance :

من الأهمية بمكان دراسة مدي مقاومة الأنواع المختلفة بل والأصناف المختلفة من النباتات المنزرعة وخاصة عند الزراعة في المناطق الجافة او التي تتعرض من فترة إلى أخرى لظروف الجفاف حيث يتوقف علي مدي مقاومة الصنف المنزرع للجفاف مدي نجاح زراعته في هذه المناطق والتي يطلق عليها مناطق جافة Arid Zones او مناطق نصف جافة Semiarid Zones وإصطلاح مقاومة الجفاف يمكن أن تطلق للإشارة إلى المعاني المختلفة والتي يتعرض لها النبات لفترات من نقص الماء او إلى الإجهاد المائى Water Stress في البيئة المحيطة به٠

بصفة أساسية فان النباتات المقاومة للجفاف هي النباتات التي تكون قادرة علي الحياة أي البقاء حية أما لان البروتوبلازم فيها قادرة علي احتمال انتزاع الماء منه

Dehydration دون حدوث ضرر دائم له او لان له تركيب خاص او أن من صفاته الفسيولوجية تجنب او تحتمل ذلك المستوي المميت من نقص الماء او فقده Water Stress .

وقد أشار Parker . 1968 الى العوامل المختلفة التي تعمل علي مقاومة النبات للجفاف ومنها :

أ- تحمل البروتوبلازم للتجفيف Desiccation Tolerance : -

كما هو الحال في الكثير من الطحالب والاشن وحتى بعض النباتات البذرية فان البروتوبلازم فيها يمكنه أن يظل حيا عند نزع الماء منه Dehydration ويمكن أن نلاحظ ذلك بسهولة في الكثير من الأعشاب والشجيرات التي تنمو في المناطق الجافة . ويلاحظ انه بالنسبة لهذه النباتات أن الصفات الخاصة بمقاومة النبات تحتل المكانة الأولى ، تعتبر اكثر أهمية من كمية المحصول . ومن أمثلة النباتات ويعتبر من احسن الأمثلة في هذا الشأن الزيتون . حيث يمكنه أن ينمو حيث يكون الجفاف علي اشده ولا تناسب البيئة أي نوع آخر من الأشجار . وقد وجد أن من صفاته أن أوراقه تقاوم نزع الماء منها بشدة ، كما أن أوراقه مغطاة بطبقة سميكة من الكيوتين وكذلك مغطاة بطبقة من الزغب كما انها جلدية وصغيرة. ويعتبر هذا النبات من اقدر النباتات علي المعيشة في ظروف الجفاف.

ب- تجنب الجفاف او تأخير حدوثه :

ولذلك أهمية اقل في تحمل الجفاف ، ويوجد ذلك في معظم النباتات أل Mesophytes وقد يرجع ذلك إلى بعض الصفات المورفولوجية والفسيولوجية ، والتي ينتج عنها تجنب حدوث نقص الماء Water Stress وذلك يكون بطرق كثيرة منها .

ج- تعديل موسم النمو:

وذلك كما في خالة الكثير من الحوليات التي تنمو وتزهر خلال اسابيع قليلة ، فبعد نزول الأمطار علي سطح التربة لا يلبث النبات أن ينمو ويكتمل نموه ويزهر ويكمل حياته قبل أن يحدث النقص الشديد في الماء Water Stress وبذلك أمكن للنبات أن يقاوم الجفاف ، ولكن عن طريق تجنب الفترة التي يحدث فيها الجفاف حيث أن فترة حياته قصيرة وينمو في خلال اسابيع محددة ،وكذلك لوحظ انه في بعض أعشاب البحر الأبيض انه يحدث بها سكون خلال موسم الجفاف Dry Season وخلال ارتفاع درجات الحرارة (McWillam 1968) .

د-المجموع الجذري المنتشر :

المجموع الجذري المنتشر من اكثر العوامل المؤثرة في حماية النباتات ضد ضرر الجفاف . فالعمق والانتشار الواسع والتفريغ الكثير للجذور ويعمل علي وقاية لنبات من الجفاف لان جذوره في هذه الحالة تكون قادرة علي امتصاص الماء من طبقات التربة ولذا يتجنب النبات ضرر الجفاف ، فمثلا يلاحظ أن النباتات ذات الجذور لمتفرقة والمتنوعة والتي لا تمتد كثيرا مثل البطاطا والخس انها تعاني من نقص الماء كثر من تلك النباتات ذات الجذور المتعمقة والكثيفة كالطماطم والتي تتمكن من امتصاص الماء اكثر من طبقات التربة المختلفة.

هـ- التحكم في معدل النتح :

من الطرق التي يحتملها النبات لتأجيل حدوث نقص الماء في النبات Plant Water Stress حيث يتفاعل النبات مع الظروف المحيطة به لكي يعمل علي تقليل معدل النتح مثل نبات Larrea حيث يعمل التفاف أوراقه فيقلل ذلك من معدل النتح . كم أن الكثير من النباتات تتفاعل مع Water Stress عن طريق إغلاق ثغورها . ويبدو أن تلك المجموعة من النباتات انها اكثر تحملا . واكثر مقدرة علي المعيشة تحت

ظروف الجفاف · واستجابة النباتات أل Water Stress في هذه الحالة واغلاقها لثغورها يكون بمجرد بدء حدوث النقص المائي Water Stress كما أن وجود طبقة من الكيوتين علي الأوراق والتي ينتج عنها تحكم شديد فعال في معدل النتح وبذا يمكن للنبات مقاومة أو تجنب حدوث الجفاف ، وقد وصف Tal 1966 طفرة من الطماطم Wilty tomato والتي من الضعف أن تنمو حتى ظروف الجو المشبع بالرطوبة أو تحت ظروف المراقد الزجاجية وذلك لان ثغورها لا يمكن أن تغلق علي الإطلاق · وذلك يوضح أهمية إغلاق الثغور للتقليل من معدل فقد الماء في النبات · وقد وصف Waggones & Simmonds 1966 طفرة مشابهة من البطاطا ·

كفاءة استخدام النبات للماء Efficiency of Water use :

كفاءة استخدام الماء عبارة عن عدد الوحدات من الماء والتي تستخدم للحصول علي وحدة واحدة من الماء الجافة·

ولكفاءة استخدام النبات للماء أهمية قصوى وخاصة عندما يكون الإمداد بالماء Water Supply قليل·

وقد ذكر Sletyer 1964 أن كفاءة استخدام الماء تختلف من 200-500 للحصول علي اعلي محصول وقد يبلغ ٢٠٠٠ أو اكثر في المناطق الجافة ، وبصفة عامة فان المحصول العالي في المادة الجافة دليل علي كفاءة عالية في استخدام الماء وفي هذه الحالة فان إنتاج المادة الجافة يتم بسرعة اعلي من فقد النبات للماء · لذلك فان كفاءة استخدام النباتات ذات الجذور المتعمقة مع وجود تغذية كافية وتحت ظروف مثالية تكون من ٢٠٠-٥٠٠ وحدة من الماء تستخدم لإنتاج وحدة واحدة من المادة الجافة · وزيادة كفاءة استخدام النبات للماء ترجع لكفاءة عملية البناء الضوئي والتي تتسمح بدخول كميات كبيرة من ك أ٢ وخروج كميات كبيرة من بخار الماء خلال الثغور·

وفي نبات أل pimeappic نجد انه ينتج كميات كبيرة من المادة الجافة كل عام بينما يحدث أقل فقد في الماء حيث أن الثغور في أل pimeappicتكون مغلقة معظم اليوم ويعتبر هذا من الأمثلة علي كفاءة عالية في استخدام الماء لتكوين كميات كبيرة من المادة الجافة ؛وقد يرجع ذلك أيضا إلى قدرة هذا النبات علي تمثيل حمض crassuiaccar.وفي هذه الحالة يكون النبات قادر علي تخزين ك كمادة عضوية خلال الليل ثم يحوله إلى كربوهيدرات خلال النهار · فيلاحظ دائما انه لزيادة كفاءة استخدام الماء فأن النبات يعمل علي زيادة المادة الجافة وليس العمل علي النقص في استخدام الماء وقد أشار ١٩٦٦ ,Viets.

انه من الجائز أن يزيد المحصول مع تكرار عمليات الري · ولكن المحصول لكل وحدة من الماء من الجائز أن تقل في النسب العالية من الري؛ وقد لوحظ أن التسميد يزيد من كفاءة استخدام النبات للماء·

التقسية :

يعتقد الكثير أن الزيادة الفجائية أو الارتفاع الفجائي والقاسي في أل Water Stressيرجع إليه اكثر ضرر عكس الزيادة التدريجية في أل Water Stressلفترة طويلة من الزمن ·

والنباتات التي تتعرض لفترة أو اكثر من النقص المتوسط للماء Moderate Water Stressويطلق عليها أن تقسية Hardened وهذه النباتات عادة يمكن أن تبقي حية تحت ظروف الجفاف دون حدوث ضرر عكس النباتات التي لم تتعرض للمعاملة السابقة· وقد ذكر البحاث أن التقسية Hardening تحدث تغيرات رئيسية في البروتوبلازم كزيادة في أل Water Binding Capacity أو الماء المرتبط بجانب زيادة لزوجته ونقص في النفاذية وقد ذكر ذلك . Henckei 1964 وقد قادت تلك الفكرة – التقسية – العلماء للمحاولة زيادة مقاومة النباتات للجفاف وذلك بمعاملة البذور قبل الزراعة · فيمكن تقع الجذور قبل الزراعة في الماء ثم تجفف هوائيا أو تنقع في

محلول ملحي . وقد أشار May 1962 ان التغيرات التي تحدث في البروتوبلازم أمكن ملاحظتها في النباتات التي تعرضت للجفاف وان هذه التغيرات في الغالب ناتجة عن أل Water Stress وقد وجد ان الزيادة في نسبة الجذور إلى الأفرخ ، وكذلك صغر حجم الأوراق وسمك طبقة الكيوتين من الصفات التي توجد في النباتات التي عرضت إلى Water Stress ولذلك أهميتها حيث ان النباتات التي تتعرض مرة Water Stressتحمل من الصفات التي تعمل علي زيادة جيدة في الإمداد المائي لأنسجة الورقة . كما تتميز بمعدل نتح اقل لكل واحدة من سطح الورقة حيث ان الثغور تغلق عند حدوث أل Water Stressولذا ظن هذه النباتات تكون قادرة علي التحكم في فقد الماء عن تلك النباتات التي لم تتعرض ل Water Stress وكمثال لتوضيح ذلك نبات فول الصويا فانه بعد تعرضه ل Water Stress يكون سطح الأوراق به نسبة اعلي من الدهون ولذلك فان معدل النتح يكون اقل وبذلك تكون هذه النباتات اكثر قدرة علي مقاومة الجفاف Ciarck & Levit. 1965 .

وقد ذكر Kelly *et al* ان نباتات أل Guagule والتي عرفت بال High Water Stress يمكنها ان تسترد قوة نموها بسرعة ويمكن ان تنمو احسن من تلك النباتات التي لم تتعرض ل Water Stress والتي أعطيت كميات وفيرة من المياه . وقد قدر Orchard ١٩٦٧، ان أوراق نبات أل *Brassila Olerace Var. Fruticosa* والتي تتفتح خلال فترة الجفاف يمكن ان تبقي حية وتتحمل اكثر ظروف الجفاف اكثر من تلك التي تفتحت بينما النبات يروي بصفة دائمة . وبالرغم من ان أل Water Stressيقلل من النمو فانه لوحظ ان النباتات التي تتعرض ل Moderate Water stress في بعض الأحيان يكون نموها اكثر وبسرعة وخاصة عند إعادة ريها فأنها تنمو اكثر من تلك النباتات التي لم تتعرض ل Water Stress وربما يحدث تجمع للكربوهيدرات و المركبات النيتروجينية في أل Stressed Plov فتكون بعد ذلك في متناول النبات وتعمل علي تنشيط نموه عند توفر الماء.

مراجع مختارة :

1- Bray, E. A.; Bailey-Serres J. and Weretilnyke, E. (2000) : Responses to abiotic stresses . In Biochemistry & Molecular Biology of Plants, B. Buchanan, W. Gruissem, and R. L. Jones (eds.), American Society of Plant Physiologists, Rockville, MD, pp. 1158-1203 .

2- Dodig D.; Stojanović Z.; Denčić S. and Quarrie,S. (2000): Characteristing wheat genetic resources for responses to drought stress. Book of Abstracts 3rd International Crop Science Congress, Hamburg, Germany, 137.

3- Dragović S.; Stanojević, D.; Aleksić, V. and Karagić E. (1997): The intensity of drought in eastern Serbia and its effect on crop production. Proceedings International symposium, Drought and plant production, Beograd. 1: 71-81.

4- Jevtić, S. and Milijić, S. (1997): Consequences of drought on environment and national economy in Eastern Serbia. Proc. of Workshop Sustainable irrigation in areas of water scarcity and drought, Oxford, 246-248.

5- Miletić, R. (1997): Influence of different methods of soil management on plum fruit properties in drought conditions. Proceedings International Symposium Drought and Plant Production, Belgrade, 139-142.

6- Petrović, R.; Dželetović S. and Račić-Goševska, A. (1999): Effects of Herbicides on Weed Control in Maize Under Drought. Proceedings, Balkan Drought Workshop, Beograd, 227-230.

7- Quarrie S. A.; Conde-Martinez V.; Dodig D. and Sofija, F. (2001): Genetic analysis of osmotic adjustment in droughted cereals. Program i izvodi saopštenja, XIV simpozijum JDFE, Goč,120.

8- Sauter, A., Davies W J. and Hartung W. (2001) : The long distance abscisic acid signal in the droughted plant The fate of the hormone on its way from the root to the shoot . J. Exp. Bot. 52:1-7

9- Spasova D.; Spasov P; Maksimović S. and Jovanović O. (1998): Drought effects on agriculture in Yugoslavija. Proceedings, Balkan Drought Workshop, Beograd, 171-182.

10- Stojanović Ž.; Dodig D. and Stanković, S. (1999): Screening wheat genotypes for drought resistance. Proceedings Balkan Drought Workshop, Zaječar, 209-212.

11- Stojanović, Ž.; Štanković, S. and Dodig, D. (1999): Effects of methods of soil cultivation and sowing on wheat yields in a droughted envirnment. Proceedings Balkan Drought Workshop, Zaječar, 221-222.